

# Mares, Roselières... ces milieux au service du climat

État des lieux des zones humides de la Manche par un suivi du stockage de carbone dans les sols et des peuplements d'Orthoptères.



Décembre 2025

Une étude en partenariat avec :

## Table des matières

Introduction .....	4
Le stockage du carbone dans les sols : ce que l'on sait .....	5
Matières organiques et carbone : quelle différence ? .....	5
Les variables impliquées dans le stockage du carbone des sols : .....	6
Ce qui favorise le stockage :.....	6
Ce qui défavorise le stockage :.....	7
Type de végétation et usages.....	8
Matériel et méthode, réalisation .....	9
Prélèvement de sol.....	10
Détermination de la masse volumique apparente (Source UNIL).....	11
Matériels .....	12
Procédure .....	12
Calculs.....	14
Le prélèvement étape par étape en image : .....	16
Calcul de la masse volumique du sol :.....	17
Calcul du carbone stocké à l'hectare .....	17
Résultats .....	19
Évaluation des stocks de carbone par sites et habitats .....	22
Quelques cas de figures illustrés et commentés.....	24
Etude des communautés d'orthoptères comme indicateur d'évolution des zones humides.....	26
Cadre général .....	26
Méthodologie .....	27
Matériel utilisé .....	28
Liste des espèces et coefficients affectés.....	30
La note indicatrice.....	32
Résultats.....	33
Chantiers participatifs des travaux de gestion en lien avec le projet.....	35
Perspectives .....	36
Annexes .....	37
Carte de localisation .....	38
Cartes des relevés pédologiques et Orthoptères .....	39
Données brutes stockage de carbone .....	43

RESULTATS DES INDICATEURS ORTHOPTÈRES ZH DES SITES TESTS EN COURS DE GESTION 2024.....	45
RESULTATS DES INDICATEURS ORTHOPTÈRES ZH DES SITES TESTS EN COURS DE GESTION 2025.....	46
Fiches synthétiques des données par sites .....	47
Bibliographie .....	55

## Introduction

Les zones humides fournissent des services écosystémiques et sociétaux variés et d'ampleur liés à la ressource en eau avec l'infiltration, le stockage, l'épuration des eaux de surface, le ralentissement du cycle de l'eau, le soutien à l'étiage des cours d'eau et l'alimentation des nappes.

Elles constituent des hotspots de biodiversité et l'on considère à l'échelle mondiale que 40% de la biodiversité y est liée et dépendante. Une part importante de la population humaine mondiale en est aussi dépendante pour des activités agricoles, économiques, de pêche et/ou récréatives.

Dans un contexte de changements globaux (climatiques), on sait aujourd'hui que les zones humides stockent des quantités importantes de carbone et constituent un outil majeur dans la lutte contre ces changements. Mais elles sont aussi menacées par ces changements et leur dégradation génère une réduction de leur efficacité dans la séquestration du carbone voire une émission de CO<sub>2</sub> auparavant stocké.

Les Orthoptères (ordre d'insectes représenté par les criquets, sauterelles et grillons) sont considérés comme un groupe bioindicateur : chaque espèce nécessite des conditions de milieux pour se maintenir et certaines espèces sont étroitement liées aux zones humides. En les étudiant et en leur attribuant des indices de typicité, on peut espérer qualifier l'état de santé des zones humides et observer une évolution temporelle des communautés en lien avec l'évolution des milieux.

S'intéresser aux stocks de carbone des sols ainsi qu'aux communautés d'orthoptères des zones humides permet d'établir des liens entre stockage et typologie des zones humides, type de végétation, état fonctionnel et hydrologique de ces espaces.

Aussi, la présente étude apporte un état initial des stocks de carbone et des peuplements d'orthoptères qui pourra devenir la base d'un suivi de l'évolution des sites, aux historiques différents. Certains pourront faire l'objet de restauration hydrique, d'autres poursuivront un processus de dégradation. Tous subiront une évolution du climat.

Cette acquisition de données vient conforter un niveau de connaissances utilisé auprès des acteurs de territoires pour aborder la thématique des changements globaux, des solutions et redire l'urgence qu'il y a à intégrer l'enjeu « zones humides » dans les politiques publiques et l'aménagement des territoires.

## Le stockage du carbone dans les sols : ce que l'on sait

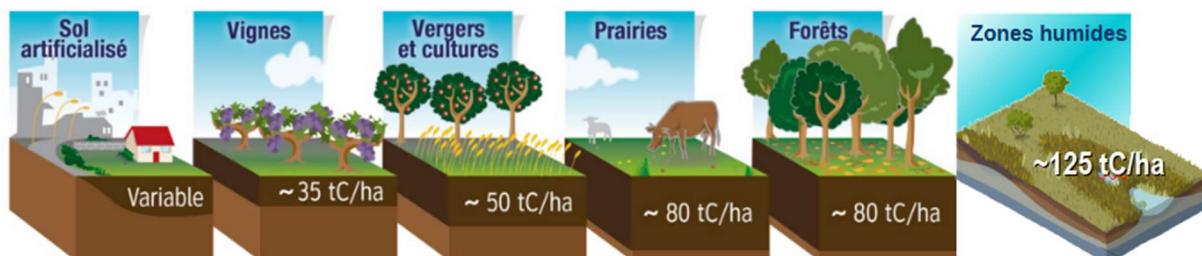
Les sols mondiaux stockent 3 fois la quantité de CO<sub>2</sub> de l'atmosphère. Selon l'occupation du sol et les usages, les capacités de stockage diffèrent.

Les sols de zones humides stockent en moyenne 125 tC/ha, il s'agirait à l'échelle mondiale de 25 % des stocks de carbone des sols pour seulement 6% des surfaces (selon les sources, les seules tourbières stockeraient même jusqu'à 30% du carbone des sols mondiaux avec seulement 3% des surfaces mondiales).

L'enjeu est de taille mais est, jusqu'à ce jour, souvent occulté par le sujet des forêts et des pergélisol dont l'état se dégrade aussi et qui sont de vastes puits de carbone. En effet, ces sols deviennent de véritables bombes à retardement au regard des processus de relargage.

Depuis le 20<sup>e</sup> siècle, on estime que 50 % des zones humides ont été détruites. Cela veut dire que de grandes quantités de matières organiques ont été ou sont encore en cours de minéralisation et que ce carbone stocké rejoint progressivement l'atmosphère à mesure que la situation des zones humides continue de se dégrader.

Les usages des sols permettent différents niveaux de stockage.



*Estimation du stock de carbone dans les 30 premiers centimètres du sol.*

## Matières organiques et carbone : quelle différence ?

Les matières organiques sont les matières issues du vivant, matières végétales, bois et feuilles mortes, excréments et cadavres issues du métabolisme du vivant et, notamment, de la photosynthèse pour les végétaux.

Elles sont constituées de molécules complexes associant des éléments simples (carbone, hydrogène, oxygène) prélevées dans l'atmosphère et l'eau

pour construire des molécules plus complexes comme la cellulose, l'amidon, les sucres...

On considère en moyenne que les matières organiques contiennent 58% de leur masse sèche en carbone (le reste de la masse est généralement de l'hydrogène et de l'oxygène). Le carbone est donc le principal élément composant la matière organique.

## Les variables impliquées dans le stockage du carbone des sols :

Les variables impliquées dans le stockage du carbone sont nombreuses et les méthodes d'évaluations sont variées et parfois contradictoires dans leurs résultats. Elles nécessitent souvent de s'intéresser à l'historique des milieux et sites, d'avoir une approche multifactorielle et un suivi temporel des flux de carbone entre les compartiments (sol, végétation et atmosphère).

### Ce qui favorise le stockage :

**Les climats froids et pluvieux** ralentissent fortement la vie du sol (macrofaune ainsi que bactéries) et donc la dégradation des matières organiques. En effet le métabolisme des êtres vivants est tributaire de températures clémentes et se traduit par une consommation des matières, une respiration qui libère le carbone des molécules carbonées comme la cellulose sous forme de CO<sub>2</sub> vers l'atmosphère. Le froid est un facteur limitant de l'activité organique dans le sol et donc de la décomposition des matières organiques qui s'accumulent au sol.

L'eau favorise la vie du sol dans une certaine mesure mais l'inhibe quand le sol est saturé ou inondé. C'est un facteur déterminant dans la capacité de stockage de carbone des zones humides.

Pour ces raisons, les écosystèmes d'altitude froids et pluvieux (montagne) ainsi que les territoires aux hautes latitudes stockent davantage de carbone qu'ailleurs. Et, de manière générale, les zones humides sont très souvent représentantes de ces conditions.

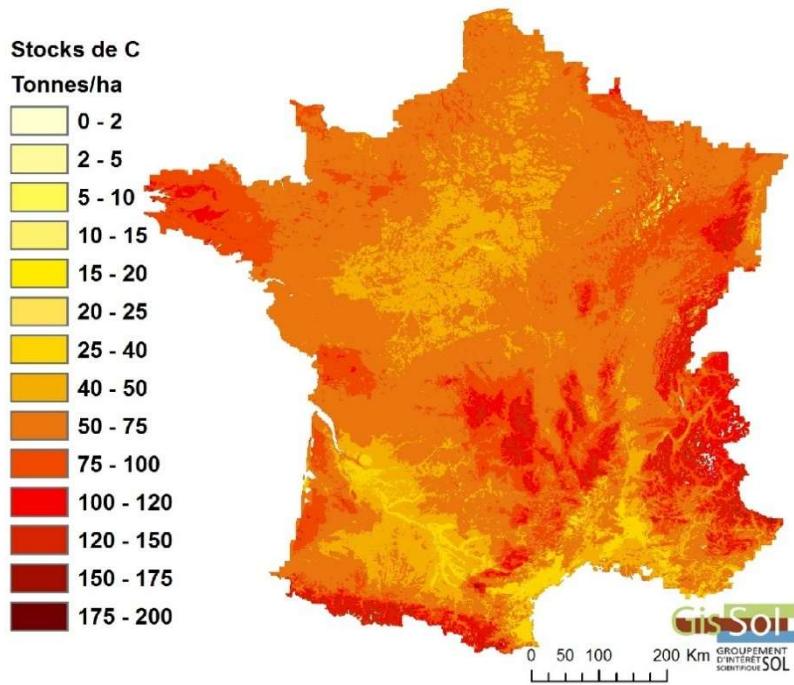
- **La géologie** et, précisément, la composition du sol qui en découle est une composante importante. Les roches cristallines (granit, gneiss), dites aussi siliceuses en raison de leur forte teneur en silice (SiO<sub>2</sub>), sont

des roches acides sur lesquelles se construisent des sols acides. L'acidité est un facteur limitant de la vie dans le sol et donc de la décomposition des matières.

- **La composition du sol** et, notamment, la teneur en argiles ont une incidence sur la capacité de stockage en carbone. Les matières organiques se combinent et se stabilisent en agrégats avec les argiles au sein du complexe argilo-humique. Les sols argileux sont donc plus favorables au stockage.

### Ce qui défavorise le stockage :

- Les climat chauds et secs défavorisent la croissance végétale. Le peu de matière produite arrive à être dégradée dans les périodes d'humidité.
- Les sols peu profonds, avec beaucoup d'éléments grossiers ou sableux, limitent le potentiel de stockage.
- Les pratiques de labours, de travail du sol et le drainage réactivent la vie organique qui minéralise la matière organique. Le métabolisme de consommation/respiration des bactéries du sol relargue le carbone du sol sous forme de CO<sub>2</sub>.
- Les changements d'usage des sols de prairies, forêts et zones humides aux cultures. Pour l'Indonésie et le Brésil, les changements d'usage des sols représentent 85% de leurs émissions (déforestation, mise en culture). En France et en Europe, l'extension des pratiques de labours des pâturages et zones humides tend à réduire aussi le taux de matière organique des sols, ce qui correspond à un surcroît d'émission de CO<sub>2</sub>.
- Le réchauffement climatique et des sols réactive sous certaines latitudes une vie organique (zones humides et tous les sols des hautes latitudes, pergélisol).
- L'aménagement du territoire et l'artificialisation des sols.
- L'urbanisation déconnecte les sols de leur pouvoir de captage, les matières organiques en place poursuivent leur dégradation sans compensation. Les surfaces deviennent émettrices.



Source: Gis Sol, IGCS-RMQS, Inra 2017.

## Type de végétation et usages

Les types de végétation (naturelles ou cultivées) ainsi que les pratiques agricoles (travail du sol, pâturage, récoltes, gestion des résidus, amendement et fertilisation etc.) induisent des réactions différentes de stockage ou d'émission. Ces facteurs, combinés ensemble, sont complexes à évaluer.

La fertilisation azotée des sols favorise la pousse et la production de biomasse, laquelle fixe du carbone atmosphérique durant la photosynthèse. En revanche, les récoltes, quelle que soit la productivité, tendent à remobiliser le carbone vers l'atmosphère au travers des filières alimentaires (bétail et humains) ou de la valorisation énergétique des récoltes (agrocarburants, méthane agricole). A chaque contexte correspond un bilan différent, issu des entrées et sorties de carbone...

Pour toutes ces raisons les territoires présentent parfois de fortes disparités quant aux teneurs de carbone des sols.

La carte précédente propose une estimation du carbone des sols en métropole. On observe que les stocks importants se situent dans les zones d'altitude (Alpes, Pyrénées, Massif Central, Vosges), mais aussi sous climat arrosé, sur des roches cristallines acides comme la Bretagne et les anciens massifs montagneux. Les zones de prairies et d'herbages sont aussi bien pourvues.

Les zones de faibles stocks sont représentées notamment par les plaines de grandes cultures, les zones viticoles et le pourtour méditerranéen (climat chaud et sols peu profonds).

Pour diagnostiquer les stocks de carbone dans les sols, on peut procéder de trois manières différentes :

- La méthode « des flux » de carbone évalue les échanges annuels de carbone entre écosystème et atmosphère en tonne C/ha/an
- La modélisation simple ou complexe de l'évolution du stock ou des flux de carbone dans les sols (cf GIEC tiers 3 à INRA 2013:8-9) peut intégrer par voie de calculs de nombreux paramètres.
- La méthode « des stocks » mesure les changements de stock de carbone in situ au cours du temps (inventaire du sol ; delta stock C) : quantité moyenne de carbone contenue dans le compartiment considéré en tC/ha

C'est sur cette troisième méthode que la présente étude propose une analyse des sols visant à quantifier le carbone stocké sur certains sites en tentant de faire le lien avec les habitats naturels. Cette première analyse permet d'apporter des éléments quant à l'état des stocks et constitue un état initial (instantané) dans le suivi des sites et à terme un indicateur de l'état de santé de ces milieux, de leurs capacités de séquestration, notamment dans le cadre de projets de restauration des fonctionnalités écologiques des zones humides.

## Matériel et méthode, réalisation

Un travail bibliographique autour des méthodologies de mesure du carbone des sols a permis d'établir un protocole de prélèvement et d'analyse rigoureux et réplicable en écartant autant que possibles les risques de biais.

Les sites suivis ont fait l'objet de plusieurs points de prélèvements géoréférencés et répartis dans les différents habitats naturels cartographiés. Ce sont au total 34 points de prélèvements qui ont été réalisés pour 8 sites. Certains prélèvements ont été volontairement placés hors zones humides

afin d'obtenir quelques références de stockage dans un contexte plus sec (prairies mésophile). Carte de localisation des sites voir Annexe.

La méthodologie mise en œuvre se veut standardisée et rigoureuse afin que l'analyse du suivi des données (taux de matières organique et taux de carbone des sols), campagne après campagne, ne soit pas faussée par des approximations, des interprétations de la méthode ou un changement d'opérateur. Voir Carte de localisation des sites concernées en annexe.

## Prélèvement de sol

Chaque point de prélèvement fait l'objet de deux prélèvements séparés :

- Un prélèvement à destination du laboratoire (LILANO à St Lô) pour la mesure des taux de matières organiques et carbone. L'échantillon demandé par le laboratoire doit peser entre 500 et 700 g.
- Un prélèvement de volume constant (cylindre de 100 cm<sup>3</sup>) pour établir la masse volumique du sol. Le couplage des deux prélèvements permettra d'estimer les masses de carbone stockées par hectare et pour chaque site.

Prélèvement à destination du laboratoire :

Utiliser le cylindre long de 200 cm<sup>3</sup> (11 cm de long). Afin d'avoir la masse minimum requise (500 à 700 g), il faudra extraire au moins 3 volumes de cylindre. Pour les sols tourbeux dont la densité est réputée beaucoup plus faible il faudra prélever 5 cylindres.

On considère généralement le stockage de matière organique dans les 30 premiers centimètres du sol. Afin d'obtenir un échantillon représentatif d'un taux moyen du profil de sol, on prélève la terre à 15 cm de la surface en insérant le cylindre métallique horizontalement sur le flanc d'un profil dégagé avec une bêche et après avoir nettoyé, gratté le profil avec un couteau (centré sur la côte de 15 cm).

Dans les cas d'horizons organiques accumulés au-dessus d'un horizon minéral, les deux sans zone de transition progressive, on prélève au milieu de l'horizon organique et l'on note sur le sachet de prélèvement l'épaisseur en cm de cet horizon et la profondeur du centrage du prélèvement. Ci-contre, l'horizon organique est visuellement tranché, il s'étend sur 20 cm d'épaisseur. Le cylindre est centré à la profondeur de 10 cm. La terre prélevée est conditionnée dans un sachet congélation solidement fermé. On y note le numéro unique de la placette au marqueur indélébile.



Prélèvement pour établir la masse volumique du sol :

Afin d'établir des masses de carbone à l'hectare et sur la base des analyses faites par le laboratoire, il est indispensable d'établir la masse volumique apparente du sol. Celle-ci est établie par l'opérateur AVRIL.

Reproduire la méthode ci-dessus avec le cylindre de 100 cm<sup>3</sup> pour un autre sachet destiné à la mesure de la masse volumique de sol. Le cylindre est le plus petit. Un seul prélèvement suffit. Noter sur ce sachet le numéro unique et ajouter MVS 100 (pour masse volumique du sol 100 cm<sup>3</sup>).

## Détermination de la masse volumique apparente (Source UNIL)

La densité apparente est la masse de sol présente dans un volume donné, généralement exprimée en g/cm<sup>3</sup>. La densité apparente est un indicateur du compactage du sol et est également nécessaire pour convertir la teneur en éléments (par exemple, la teneur en carbone organique du sol exprimé en g C / 100 g de sol) ou en stocks (par exemple, le stock de carbone organique du sol exprimé en tonnes C / hectare). Les sols naturels peuvent avoir des densités apparentes très différentes, allant de 0,5 g/cm<sup>3</sup> pour une couche supérieure organique à 2,2 g/cm<sup>3</sup> pour une couche inférieure minérale massive. Un sol minéral bien structuré a généralement une masse volumique apparente d'environ 1,3 g/cm<sup>3</sup>. La densité apparente est déterminée en prélevant un volume connu de sol non remanié et en le pesant après séchage. Pour les sols organiques, il est recommandé de prélever des échantillons à l'intérieur d'un cadre. Pour

les sols minéraux, la technique la plus courante consiste à insérer un cylindre d'échantillonnage dans le sol. Le cylindre peut être utilisé à la surface du sol (après avoir retiré les horizons organiques) ou horizontalement dans chaque horizon.

## Matériels

Bêche- Cylindre - Maillet ou marteau - Truelle en métal - planchette à placer entre le cylindre et les coups de maillet.

## Procédure

1. Après avoir réalisé une fosse rectangulaire à la bêche, Insérez le cylindre de prélèvement dans le sol à l'aide d'un maillet ou d'un marteau-pilon. Ne frappez pas directement sur le cylindre, mais sur une surface plane placée au-dessus du cylindre (par exemple, une planche ou une truelle métallique).



2. Extraire soigneusement le cylindre. Il peut être nécessaire d'insérer une pelle derrière le cylindre pour s'assurer qu'aucune partie de la terre ne tombe.



*Des échantillons destinés au séchage en four pour le calcul de la masse volumique. Les couleurs plus sombres traduisent souvent des taux de carbone important.*

3. Inspectez la carotte de terre pour vous assurer qu'il n'y a pas eu de perte de matière lors de l'extraction.

4. Videz le cylindre dans un sac ou un plateau d'échantillonnage étiqueté (un sachet congélation de dimension adaptée annoté au marqueur indélébile fait l'affaire).

5. Séchez les échantillons à l'air dans un local abrité jusqu'à obtenir une terre en apparence très sèche se réduisant en poussière (les échantillons sont placés dans des barquettes alimentaires en aluminium achetées en magasin). Les barquettes alimentaires en aluminium peuvent être gravées afin d'annoter l'identifiant du prélèvement, l'information résistera au passage au four.

6. Si l'échantillon contient du gravier en abondance, tamisez la terre à 2mm.

7. Obtenez la masse sèche de l'échantillon (les terres fines et les fragments grossiers séparément pour les sols graveleux). Pour les terres fines, un séchage au four à 105°C est nécessaire pour éliminer complètement l'humidité. L'échantillon entier peut être placé dans l'étuve pendant au moins 48 heures. La teneur en humidité résiduelle (hygroscopique) peut

également être déterminée en plaçant une partie aliquote dans l'étuve pendant au moins 16 heures. Dans le cas de l'étude AVRIL 2025, à défaut d'étuve de laboratoire, le séchage des échantillons a été finalisé avec un four domestique à basse température pour ne pas brûler les matières organiques et fausser les résultats de pesée. La durée de séchage au four a été limitée à 60 minutes. Après test, il s'avère qu'entre 60 et 90 minutes au four, l'échantillons n'a perdu que quelques centièmes de grammes et que cette différence ne justifie pas de durée plus importante.

8. Calculez la masse volumique apparente.

9. Effectuez un contrôle de qualité sur les résultats. Rechercher les valeurs aberrantes dans les données et répéter les mesures problématiques.

## Calculs

La densité en volume est simplement calculée selon la formule ci-dessous. Le résultat est parfois appelé "densité apparente brute" car il inclut l'ensemble du sol (terres fines et fragments grossiers).

$$BD = M \text{ dry soil} / V_{core}$$

avec BD : masse volumique apparente brute (g/cm<sup>3</sup>) (en anglais Bulk density).

M dry soil : masse de terre séchée au four (ou de terre séchée à l'air corrigée pour l'humidité résiduelle) (g)

Vcore : volume du cylindre de prélèvement (cm<sup>3</sup>). Par exemple : pour un cylindre de 2.5cm de rayon et 5.1 cm hauteur → Vcore =  $\pi r^2 h = 100 \text{ cm}^3$

Pour les sols contenant d'abondants fragments grossiers (graviers), il est utile de calculer le BD de la terre fine (la densité apparente de la fraction fine de la terre, en "enlevant" les fragments grossiers). La BD des terres fines permet de comparer directement des échantillons dont la teneur en fragments grossiers diffère.

Fine earth BD =  $M \text{ dry fine earth} / V_{fine \text{ earth}} = M \text{ dry fine earth} / (V_{core} - V_{coarse \text{ fragement}})$

M dry fine earth : masse de terre séchée au four < 2 mm (ou terre séchée à l'air corrigée pour l'humidité résiduelle) (g)

$V_{coarse}$  fragments : volume des fragments grossiers ( $\text{cm}^3$ ).

Pour les fragments grossiers cristallins dominés par des minéraux felsiques (par exemple granit, gneiss, quartzite), calculez le volume des fragments grossiers en divisant leur masse par la densité de particules de quartz (2,65  $\text{g/cm}^3$ ).

Pour les fragments grossiers cristallins de minéralogie inconnue, déterminez leur volume en les immergeant dans un cylindre gradué à moitié rempli d'eau et en enregistrant le changement de volume.

Enfin, il peut être utile de calculer l'abondance de la terre fine (la masse de terre fine présente dans un volume donné de sol non remanié,  $\text{g/cm}^3$ ). Ce résultat facilite le calcul des stocks d'éléments à partir des données sur le contenu.

$$\text{Fine earth abundance} = M \text{ dry fine earth} / V_{core}$$

## Le prélèvement étape par étape en image :

**Les points de prélèvement sont déterminés sur un projet QGIS et répartis au sein des habitats naturels. Ils sont géoréférencés et ralliés sur site avec le GPS.**

**Découpez une fosse à la bêche de la profondeur de l'outil et de deux largeurs de bêche afin d'avoir la place nécessaire pour réaliser les prélèvements, mettre de côté le rectangle de terre.**

Nettoyer la fosse et gratter au couteau le profil de sol avant prélèvement pour obtenir un profil « propre ». Chaque fosse pourra être photographiée pour garder en mémoire la couleur des horizons avec le cylindre de prélèvement enfoncé à la bonne hauteur en guise d'échelle. La profondeur moyenne de prélèvement notée à la première campagne doit être rigoureusement reprise pour les campagnes ultérieures.

Enfoncer le cylindre métallique de 200 cm<sup>3</sup> horizontalement centré sur le niveau « 15cm » ou le niveau moyen de l'horizon organique (horizon le plus sombre depuis la surface du sol) pour le remplir au ras, l'extraire en arrasant au couteau ce qui dépasse sans tasser la terre (il doit être remplis au ras sur ses deux faces). Vider dans un sachet congélation et répéter l'opération 3 fois dans ce sachet en notant au marqueur indélébile l'identifiant du point de prélèvement, composé des premières lettres de la commune et d'un numéro unique. Exemple : « 145ANN ». Ajouter au marqueur « LILANO » (nom du laboratoire choisi), pour le destiner à l'analyse du laboratoire. Chasser l'air et nouer hermétiquement le sachet.



Prélever un cylindre de 100 cm<sup>3</sup> pour un autre sachet destiné à la mesure de la masse volumique de sol. Ce cylindre est le plus petit. Noter sur ce sachet le numéro unique et Ajouter MVS 100 (pour masse volumique du sol 100 cm<sup>3</sup>).

Refermer la fosse en remettant la terre dans le bon sens, herbe en surface.

Répéter ces opérations pour chaque point.

L'ensemble des prélèvements destinés au laboratoire seront stockés et livrés au laboratoire quand ils seront tous prélevés (une livraison plutôt qu'un envoi peut permettre d'éviter la perte des échantillons et du travail engagé).



### Calcul de la masse volumique du sol :

Faire sécher les échantillons « MVS100 » à l'air libre plusieurs jours afin d'obtenir une terre en apparence déshydratée, puis en étuve ou au four à basse température (max 105°C) pendant 60 minutes en les ayant transférés dans des contenants ouverts métalliques (attention à la chaleur excessive !) (les barquettes alimentaires en aluminium de 0,5 litre sont adaptées) et surtout en ayant bien reporté leurs identifiants sur le nouveau contenant à destination du four. Les barquettes alu peuvent être gravées de l'identifiant de l'échantillon. Attention : papiers et marqueur ne tiennent pas au four et s'envolent facilement. Toute l'humidité des échantillons doit être éliminée.



A l'issue du séchage, peser chaque échantillon avec une balance électronique de précision (précision à 0,01 g) et consigner les résultats dans un tableur (bien tarer en fonction du contenant).

### Calcul du carbone stocké à l'hectare

Retranscrire la masse de ces échantillons au volume par mètre carré sur la profondeur indiquée de l'échantillon.

Exemple :

L'échantillon de 100 cm<sup>3</sup> séché pèse 130 g.

Le volume d'un mètre carré de sol sur 30 cm de profondeur étant de  $100 \times 100 \times 30 = 300\ 000 \text{ cm}^3$ .

$$300\ 000 \text{ cm}^3 : 100 \text{ cm}^3 = 3000$$

$3000 \times 130 \text{ g} = 390\ 000 \text{ g} = 390 \text{ kg de terre/m}^2$  ou 3900 tonnes de terre par hectare.

(Pour les sols présentant un horizon organique s'arrêtant brutalement sur un horizon minéral, il faut calculer le volume de terre par Ha sur la profondeur de l'horizon organique ciblé).

On peut rapprocher les résultats d'analyse MO et carbone pour ce sol :  
L'analyse indique 6% de matière organique, pour 3900 tonnes/ha cela revient à  $3900 \times 0,06 = 234$  tonnes de matières organiques.

Comme on considère que la matière organique est composée (en masse sèche) de 58% de carbone,  $234 \text{ tonnes} \times 0,58 = 135,7 \text{ tonnes de carbone stockées par hectare}$ .

La consignation des données est réalisée dans un tableau prévu à cet effet (tableau 2025), les calculs sont automatisés.

## Résultats

Le taux de carbone du sol, directement dépendant du taux de matière organique est en moyenne plus important dans les sols engorgés ou l'activité microbienne est ralentie et ou la dégradation des matières végétales est entravée. C'est la raison pour laquelle les zones humides constituent des puits de carbone importants dans le contexte de changement climatique. Aussi, d'autres facteurs comme la température (froide) et le pH (acide sur la plupart des roches non calcaires) entravent l'activité organique des sols et favorisent l'accumulation des matières, dont le stockage du carbone.

Les résultats sont fonction de plusieurs paramètres comme la composition du sol : teneur en éléments de la part minérale, que sont les sables, limons et argiles, et part organique, car, à volume comparable, la matière organique a une masse volumique bien plus faible que la part minérale du sol. Le taux de carbone est directement lié au taux de matière organique. On considère couramment que la matière organique des sols est constituée de 58% de carbone.

La masse volumique du sol est aussi induite par le tassemement mécanique, quand il y en a, comme par la vie organique du sol, qui génère souvent de la porosité, laissant place à l'eau et l'air.

La diversité de sols rencontrés nous donne des résultats très contrastés avec des valeurs extrêmes.

En moyenne et **sur les 34 échantillons de sols analysés, la teneur moyenne en matière organique est de 7,2% (delta 2,6% à 23%)**. Les placettes témoins hors zones humides révèlent un taux de matière organique de 5% tandis que les placettes en zones humides présentent un taux moyen de 8%.

**Pour le carbone organique, les valeurs s'étaient de 39,21 tC/ha à 227,12 tC/ha**, la moyenne générale est de 77,25tC/ha. Si l'on rapporte ce résultat global au total de surface des sites (25 ha), on obtient un stock général de 1931 tonnes de carbone soit 333 années d'émissions d'équivalent CO<sub>2</sub> d'un français en 2022 (source INSEE), mais 965 ans si l'objectif de neutralité carbone de 2 tonnes /habitant est respecté.

Dans certains cas, les sols présentent manifestement des traces de perturbations (brassage par des engins mécaniques, labours) trahies par des déchets enfouis et par une homogénéisation des horizons du sol. La matière organique a subi un brassage dans le volume de terre et l'estimation de son taux est plus difficile. Il est cependant intéressant d'observer que, dans ces

sols remaniés, une strate organique de surface ne se reforme qu'après plusieurs années ou décennies après le brassage du sol.

Le drainage est aussi l'atteinte la plus courante aux zones humides, pour en favoriser l'exploitation agricole ou l'aménagement de projets. Ces diverses perturbations induisent des phénomènes de minéralisation et de « dégazage » du carbone sous forme de CO<sub>2</sub> vers l'atmosphère. Dans ces cas de figures, les stocks de carbone ont été dégradés et poursuivent souvent leur dégradation. L'enjeu est alors d'identifier si une restauration hydrique est envisageable, laquelle stabiliseraient les matières organiques encore présentes et relancerait lentement le processus de stockage.

Tout d'abord, **9 placettes sont considérées comme placettes témoin hors zones humides** ou alors sur zones humides très dégradées. Comme en attestent les cartographies de végétation, ces placettes présentent des végétations essentiellement de type prairie mésophile non inféodées aux zones humides. **La moyenne de stockage pour ce lot est de 73,3 tC/ha** soit une valeur légèrement basse pour des prairies dont la valeur moyenne admise est de 80tC/ha.

Pour l'ensemble des 25 autres placettes plus caractéristiques des zones humides, la **moyenne est de 85,33 tC/ha**. C'est une valeur plutôt faible pour des zones humides ce qui traduit des milieux peu typiques et possiblement dégradés. Dans ce lot de placettes, **7 dépassent pourtant les 100tC/ha et 2 dépassent les 125 tC/ha avec respectivement 140 et 227 tC/ha**. Il s'agit ici de sols dits paratourbeux sur le petit site de Rauville-La-Bigot. Ce cas de figure se rapproche des contextes de tourbières où les stocks peuvent être parfois colossaux. Ici, le taux de matière organique importante est couplé à une profondeur de l'horizon organique, elle aussi importante. A titre d'exemple, la tourbière de Sèves (plus grande tourbière exploitée en France), située dans le Cotentin, stocke 700 tC/ha par mètre d'épaisseur de tourbe. Et certains secteurs présentent plus de 10 mètres d'épaisseur de tourbe !



Sur le site de Rauville-La-Bigot, la fosse du sondage affiche un sol paratourbeux très noir et se remplit instantanément d'eau.

## Évaluation des stocks de carbone par sites et habitats

Cette approche est un essai méthodologique basé sur les analyses de sol prélevé, au prorata des surfaces d'habitats dans lesquels ils ont été prélevés. Dans cet essai, on considère que les végétations sont tributaires de conditions homogènes et que leur biomasse est déterminée par ces conditions. La valeur du prélèvement de sol est donc étendue pour l'ensemble de l'habitat.

Cependant, le nombre de polygones et d'habitats utilisés dans la cartographie des sites est bien supérieure au nombre de placettes de sols analysés. Par ailleurs, les analyses de sols mettent en évidence des disparités parfois importantes quant au stockage de carbone pour un même habitat. Le lot de données est statistiquement faible pour faire émerger des tendances par habitat.

Le tableau ci-dessous propose donc une estimation à considérer avec prudence :

<b>Habitats naturels de la typologie "Corine"</b>	<b>Code corine</b>	<b>Stock moyen de C en t/ha</b>
Fourrés	31.81	57,75
Communautés à Reine des prés et communautés associées	37.1	47,55
Prairie humide à Juncus acutiflorus	37.21	80,66
Prairies inondables piétinées	37.24	84,5
Mégaphorbiaie eutrophiles	37.715	83,9
Prairie mésophile	38.1	78,5
Peuplement de grandes Laîches	53.21	68,8
Microphorbiaie	54.1	140,2

En revanche, une moyenne globale des relevés rapportée à l'ensemble des surfaces doit donner une idée générale du stock pour l'ensemble des sites considérés.

Une moyenne des stocks des placettes est calculée pour chaque site et rapportée à la surface de chacun.

	Surface totale du site	Valeurs Min/Max des stocks tC/ha	Valeur moyenne des stocks tC/ha	Stock total moyen estimé pour le site en tonnes de carbone
<b>Site de Annoville. Les Hardes Sud</b>	2,86 ha	68,8-116	92,4	264,2
<b>Site de Anneville en Saire. Eglise ouest.</b>	1,22 ha	49,3-100,8	83,9	102,3
<b>Site de Bricqueville la Blouette</b>	1,3ha	47,5-78,9	63,2	82,1
<b>Site de Carolles. La Manouillère sud</b>	2,6ha	57,7-108,9	80,79	210
<b>Site de Mesnil-Aubert</b>	0,47ha	84,3	84,3	39,6
<b>Site de Rauville-la-Bigot. Bourg, école</b>	0,52ha	54,7-227,1	140,7	73,1
<b>Site de Blainville sur Mer. Le Polder</b>	13,3ha	39,2-117,9	60,2	800,6
<b>Site de Saint Sauveur-Village. Vaupoulain Nord</b>	3,64ha	49,1-82,9	60,8	221,3

Si une suite devait être donnée à cette démarche de connaissance, la multiplication de prélèvements et d'analyses de sol viendrait conforter statistiquement le lot actuel de données et potentiellement mieux documenter le stockage par habitat. Aussi, en répliquant ce protocole pour d'autres sites, on obtient un état initial pour ces sites.

## Quelques cas de figures illustrés et commentés.

Photos du profil de sol	Identifiant du sondage	Profondeur de stockage	Taux de matière organique	Stockage en tC/ha
	BLSM 143	10cm	8,43	39,21
Commentaire :				
				Le stockage de carbone est faible malgré un bon taux de matière organique car l'épaisseur de stockage est faible, peut-être due à une nature du sol très argileuse et compacte.
	BLSM 136	15	5,40	44,87
Commentaire :				
				Horizon contrasté entre une surface organique et un sable littoral sous-jacent. La rupture nette, sans dégradé de teinte, semble attester d'une sédimentation rapide en milieu lagunaire soumis aux marées plutôt qu'une accumulation progressive d'un horizon organique, avec lessivage dans la profondeur. Taux de matière organique assez bon et épaisseur de l'horizon faible donnent un stockage assez faible en carbone.
	AN 144	20	22,9	116

	Commentaire : Un très bon taux de matière organique sur une épaisseur moyenne donne un stock assez important de carbone
	BLSM 141   10   12,01   48,57
	Commentaire : Un bon taux de matière organique sur une faible épaisseur (10cm) donne un stockage de carbone assez faible comparable à celui d'une grande culture.
	RLB 273   40   15,8   227 Commentaire : Un sol très noir et engorgé en été, sur une épaisseur conséquente (40cm), permet un stockage important de carbone. La clé du résultat réside dans l'hydratation constante des terrains.

## **Etude des communautés d'orthoptères comme indicateur d'évolution des zones humides**

### **Cadre général**

Les orthoptères (criquets, sauterelles et grillons) constituent un ordre bien connu de la classe des insectes. Leur écologie (ensemble des conditions des milieux qui conditionnent leur existence) est exigeante, même si certaines espèces sont plus tolérantes que d'autres. Les orthoptères sont notamment sensibles aux conditions environnementales, à l'humidité, à l'ensoleillement et à la structure de la végétation (Batary et al., 2007 ; Monnerat et al., 2007).

Si certaines espèces sont étroitement liées aux prairies maigres ou d'altitude, d'autres sont inféodées à la canopée des arbres. Certaines sont étroitement liées aux zones humides.

La structure de la végétation et le taux d'humidité des sols constituent des facteurs importants, notamment dans le succès d'éclosion des œufs qui, pour de nombreuses espèces, sont déposés sur ou dans le sol.

Cette étude a souhaité reprendre, adapter et expérimenter au territoire normand un indicateur créé par l'agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse. **L'indicateur « orthoptères »** de l'AERMC est un indicateur parmi d'autres mis en place pour évaluer l'état des zones humides (voir la boîte à outils RHOME). Il consiste à affecter aux espèces présentes du territoire régional un niveau de dépendance aux zones humides sur une échelle de typicité. La pondération des notes de l'ensemble des espèces rencontrées sur un site donne une note globale qui évalue la zone humide dans son état d'hydratation. Ce faisant, les orthoptères sont un indicateur de suivi des zones humides.

## Méthodologie

Les données relatives aux orthoptères (criquets, sauterelles et grillons) proviennent d'un inventaire effectué durant les étés 2024 et 2025. La campagne, contrainte par des conditions climatiques peu favorables (froid et humidité), ont permis de réaliser 2 passages sur les 3 recommandés par le protocole RHoMéo.



Cet inventaire est associé au **protocole I09 de la boîte à outils RhoMéo**. Il consiste à explorer un cercle de 10 mètres de diamètre dont le centre est géolocalisé et joint grâce au GPS. La zone est parcourue à pied pendant une durée incompressible de 10 minutes (minuteur), et les espèces sont identifiées au contact visuel ou sonore (écoute des stridulations) quand les connaissances le permettent. Les individus vus mais non identifiés instantanément sont collectées au filet, et placés dans un contenant. Emportés, ils seront congelés pour identification ultérieure. A partir de la cinquième minute, et si une nouvelle espèce est observée, le minuteur est reprogrammé pour une durée de 5 nouvelles minutes. Ce qui a pour effet de prolonger l'effort de prospection au-delà de la durée initiale de 10 minutes. La prospection est arrêtée quand aucune nouvelle espèce n'est identifiée sur les 5 dernières minutes. Le temps comprend la phase d'échantillonnage et non la détermination des espèces. Les individus capturés ont été congelés et identifiés plus tard sous loupe binoculaire dans les locaux d'AVRIL.

Nous avons réalisé deux points de suivi pour chaque type d'habitat sur les différents sites. Voir en Annexe les habitats et les points de relevés et la carte de localisation des sites concernés en annexe.

Toutes les données recueillies ont été transmises par le biais de la plateforme Faune Normandie (<https://www.faune-normandie.org/>), laquelle partage ensuite ces informations au niveau national aux divers organismes scientifiques de France, tels que l'Inventaire national du patrimoine naturel (INPN) et l'Agence Normande de la Biodiversité et du Développement Durable.



## Matériel utilisé

Filet à insectes, minuteur, carte de pré-localisation des pointes de relevés par habitats + GPS, piquet, décamètre, flacon d'échantillonnage avec étiquettes de relevées, loupe binoculaire et ouvrages d'identification des orthoptères.

## Phase de terrain :



Figure 1 Technique de capture des orthoptères. Un va-et-vient est fait sur la végétation en gonflant le filet. Le contenu du filet est régulièrement inspecté.

## Phase bureau :

La phase de bureau a consisté en une recherche bibliographique sur les différents ouvrages listés à la fin du document, et à construire une pré-liste des espèces potentielles pour le protocole expérimental de l'étude.

Lors de la phase de terrain, certaines espèces ont été prélevées et ont nécessité une détermination sous loupe binoculaire au bureau.



## Liste des espèces et coefficients affectés

**LISTE DES ORTHOPTÈRES DES ZONES HUMIDES DE LA MANCHE  
ÉVALUATION DE GESTION PAR SUIVIS D'INDICATEUR DE BIODIVERSITÉ**

Nom scientifique taxon ref V15	Nom scientifique court	Nom vernaculaire	Présence		Dynamique du milieu (RHÔNE-MANCHE)	Valeurs indicateur RHÔNE-MANCHE	Sélection par site	Note 1 (somme des espèces)	Note 2 (valeur totale indicateur)
			50	ZH					
Aiolopus thalassinus (Fabricius, 1781)	Aiolopus thalassinus	Oedicope émeraudine	1	1	2	3	1	1	100
Chorthippus albomarginatus (De Geer, 1773)	Chorthippus albomarginatus	Criquet marginé	1	1	1	1	1	1	1
Chrysochraon dispar (Germar, 1834)	Chrysochraon dispar	Criquet des clairières	1	1	3	10	1	1	1
Conocephalus dorsalis (Latreille, 1804)	Conocephalus dorsalis	Conocephale des Roseau	1	1	1	1	1	1	1
Conocephalus fuscus (Fabricius, 1793)	Conocephalus fuscus	Conocephale bigarré	1	1	1	1	1	1	1
Gomphocerippus biguttulus (Linnaeus, 1758)	Gomphocerippus biguttulus	Criquet mélodieux	1	1	1	1	1	1	1
Gomphocerippus rufus (Linnaeus, 1758)	Gomphocerippus rufus	Gomphocerippus rufus	1	1	1	1	1	1	1
Gryllotalpa gryllotalpa (Linnaeus, 1758)	Gryllotalpa gryllotalpa	Courtilière commune	1	1	2	3	1	1	1
Leptophyes punctatissima (Bosc, 1792)	Leptophyes punctatissima	Leptophye ponctuée	1	1	1	1	1	1	1
Neconema meridionale A. Costa, 1880	Neconema meridionale	Méconème fragile	1	1	1	1	1	1	1
Neconema thalassinum (De Geer, 1773)	Neconema thalassinum	Méconème tambourinaire	1	1	1	1	1	1	1
Necrosciaethus parapleurus (Hagenbach, 1816)	Necrosciaethus parapleurus	Criquet des roseaux	1	1	2	3	1	1	1
Metrioptera brachyptera (Linnaeus, 1760)	Metrioptera brachyptera	Decticelle des bruyères	1	1	1	1	1	1	1
Metrioptera saussuriana (Frey-Gessner, 1854)	Metrioptera saussuriana	Decticelle des alpages	1	1	1	1	1	1	1
Nemobius sylvestris (Bosc, 1792)	Nemobius sylvestris	Grillon des bois	1	1	1	1	1	1	1
Oncocephalus rufipes (Zetterstedt, 1821)	Oncocephalus rufipes	Criquet noir-ébène	1	1	1	1	1	1	1
Oncocephalus viridulus (Linnaeus, 1758)	Oncocephalus viridulus	Criquet verdelet	1	1	1	1	1	1	1
Pholidoptera griseoaptera (De Geer, 1773)	Pholidoptera griseoaptera	Decticelle cendrée	1	1	3	10	1	1	1
Pseudochorthippus montanus (Charpentier) Pseudochorthippus montanus	Pseudochorthippus montanus	Criquet palustre	1	1	1	1	1	1	1
Pseudochorthippus parallelus (Zetterstedt) Pseudochorthippus parallelus	Pseudochorthippus parallelus	Criquet des pâtures	1	1	1	1	1	1	1
Pteronomobius heydenii (Fischer, 1853)	Pteronomobius heydenii	Grillon des marais	1	1	3	10	1	1	1
Roeseliana roeselii (Hagenbach, 1822)	Roeseliana roeselii	Decticelle banjoée	1	1	1	1	1	1	1
Ruspilia nitidula (Scopoli, 1786)	Ruspilia nitidula	Conocephale gracieux	1	1	1	1	1	1	1
Stethophyma grossum (Linnaeus, 1758)	Stethophyma grossum	Criquet ensanglanté	1	1	3	10	1	1	1
Tettix boliviari Staudy in Azam, 1901	Tettix boliviari	Tétrix caucasién	1	1	3	10	1	1	1
Tettix ceperoi (Bolívar, 1887)	Tettix ceperoi	Tétrix des vasières	1	1	3	10	1	1	1
Tettix subulata (Linnaeus, 1758)	Tettix subulata	Tétrix riveain	1	1	2	3	1	1	1
Tettix undulata (Sowerby, 1806)	Tettix undulata	Tétrix forestier	1	1	1	1	1	1	1
Tettigonia viridissima (Linnaeus, 1758)	Tettigonia viridissima	Grande Sauterelle verte	1	1	1	1	1	1	1
Uromenus rugosicollis (Audinet-Serville, 1839)	Uromenus rugosicollis	Epiphigère caténée	1	1	1	1	1	1	1

COMMUNE  
CODE SITE POINT LOCALISATION (ID)

INDICE

INDICE GLOBAL DU SITE

causes probable

En cours de disparition par assèchement ou anormalement déconnectées.  
En cours d'amélioration sur les connexions de nappe ou lors de crues  
Bonne humidité stationnelle sur la zone humide

Une liste de 30 espèces est spécialement constituée avec l'expertise du GRETIA pour la Manche. Parmi celles-ci, 6 espèces présentent une forte valeur d'indice, ce sont des espèces dites sténoèces (exigeantes), strictement hygrophiles (intimement liées aux milieux humides).

### **Liste des espèces sténoèces pour la Manche (classe 3) :**

Famille	Nom scientifique court	Nom vernaculaire
TETTIGONIIDAE	<i>Conocephalus dorsalis</i>	Conocéphale des Roseaux
ACRIDIDAE	<i>Pseudochorthippus montanus</i>	Criquet palustre
GRYLLIDAE	<i>Pteronemobius heydenii</i>	Grillon des marais
ACRIDIDAE	<i>Stethophyma grossum</i>	Criquet ensanglanté
TETRIGIDAE	<i>Tetrix bolivari</i>	Tétrix caucasien
TETRIGIDAE	<i>Tetrix ceperoi</i>	Tétrix des vasières

### **Photos des espèces sténoèces :**



Figure 2 Conocéphale des roseaux



Figure 5 Criquet palustre



Figure 4 Grillon des marais



Figure 3 Tétrix des vasières

## La note indicatrice

La méthode de calcul reprend la fiche A09 du protocole RhoMéo.

Une liste d'espèces est constituée à partir de tous les relevés couvrant la zone humide (un ou plusieurs points de suivi). Seules les espèces de la liste des « 30 » sont considérées pour ce calcul. La note globale pour le site est obtenue en additionnant les valeurs indicatrices de chaque espèce observée selon quatre classes de valeurs possibles :

**Classe 0** (valeur = 0) : espèces liées aux milieux secs

**Classe 1** (valeur = 1) : espèces mésophiles, souvent associées aux zones humides ou leur bordure mais pas de façon exclusive (euryèces) ;

**Classe 2** (valeur = 3) : espèces mésohygrophiles ou hygrophiles, le plus souvent liées aux zones humides (mésoèces) ;

**Classe 3** (valeur = 10) : espèces strictement hygrophiles et écologiquement exigeantes (sténoèces).

**La note « espèces observées » (note1)** est donc calculée pour la zone humide de la manière suivante :

Note 1 = (somme des espèces de classe 1 (x1) + (somme des espèces de classe 2 (x3) + (somme des espèces de classe 3 (x10)

**La note « espèces attendues » (note 2)** correspond au cortège d'espèces potentielles du site d'étude et est calculée de la même façon.

L'indicateur est un ratio de la note obtenue sur le site sur la note correspondant au cortège attendu :

$$I (\%) = (\text{note 1} / \text{note 2}) \times 100$$

La note 2 des espèces potentielles attendues : Valeur maximale du protocole est de 92. Cette note ne prend pas en compte la non-exhaustivité des inventaires.

Précisons que, pour que la note (2) soit la plus réaliste possible, il faut qu'elle prenne en compte la non-exhaustivité des inventaires réalisés et qu'aucune zone humide n'abrite toutes les espèces attendues à l'échelle d'une unité biogéographique donnée. Pour cela, nous avons fait le choix de soustraire les espèces très rares du département et qui ont un lien fort avec le littoral (soit 25 % de la note maximale départementale).

$$\text{Note 2} = 92 - 25\% = 69$$

Les résultats obtenus peuvent être interprétés de la manière suivante :

- **Un pourcentage inférieur à 15 %** : ce résultat exprime l'absence des espèces strictement inféodées aux zones humides et/ ou une très faible diversité d'espèces moins exigeantes inféodées aux zones

humides. Il s'agit donc de zones humides dégradées, en cours de disparition (assèchement) ou anormalement déconnectées ;

- **Un pourcentage entre 15 et 35 % :** ce résultat exprime l'état de conservation moyen d'une zone humide, abritant un cortège d'espèces indicatrices d'humidité, bien que celui-ci soit incomplet ;
- **Un pourcentage entre 35 et 50% :** ce résultat illustre que l'état de conservation de la zone humide est suffisamment bon pour abriter un cortège varié d'espèces méso-hygrophiles à hygrophiles.

Les tableaux des données de la première campagne et de la deuxième campagne sont en annexe.

## Résultats

Après deux saisons (2024 et 2025) consacrées à ce protocole, il apparaît que les conditions météorologiques ont été trop instables (températures basses, ensoleillement insuffisant, pluie). Les populations d'insectes sont pour partie encore immatures en juin ce qui pose des problèmes d'identification. Par conséquent, nous n'avons pu effectuer qu'un seul passage sur les trois prévus par an en 2024 comme en 2025. Cela nous amène à procéder à un ajustement du protocole pour le territoire normand avec un passage par an pendant trois ans au lieu des trois passages dans l'année initialement prévu.

Ce sont au total 34 points de sols analysés et 61 placettes d'orthoptères qui ont fait l'objet du suivi.

Dans l'ensemble des deux campagne cumulées, 3 à 8 espèces maximum par site ont été inventoriées : il s'agit essentiellement d'espèces généralistes. Les espèces sténoèques (exigeantes) sont marginales en nombre de sites (uniquement les sites de Annoville et Rauville-la-Bigot).

Le lot de données reste statistiquement faible et il faut espérer qu'un troisième passage ainsi que la multiplication des sites suivis permette de gagner en robustesse.

La littérature est unanime sur l'incidence que la structure de la végétation peut avoir sur les communautés d'orthoptères, et il est possible qu'une gestion mieux appropriée et choisie, dans le cadre de documents de gestion rédigés et mis en œuvre, permette un retour de certains peuplements (en diversité comme en effectif) en particulier pour des sites actuellement en libre évolution.

## Synthèse des données 2024-2025

Dates	ID POINT DE SUIVIS	Note I %	Note I % GLOBAL	COMPILATION 2024/2025	Nombre d'espèces par sites	Interprétation générale du site	Causes probables
2024	ANN_AD006	38,04	38,04	34,96	8	Bon état de la zone humide	Bonne humidité stationnelle sur la zone humide.
2025		31,88	31,88		5		En cours d'amélioration sur les connexions de nappe ou lors de crues.
2024	BLB_XC39	26,00	26	20,25	6	Conservation moyenne	En cours d'amélioration sur les connexions de nappe ou lors de crues.
2025		14,49	14,49		7		En cours d'amélioration sur les connexions de nappe ou lors de crues.
2024	CAR_AI127	4,35	4,35	5,07	4	Zones humides dégradées	En cours de disparition par assèchement ou anormalement déconnectées.
2025		5,80	10,14		8		En cours de disparition par assèchement ou anormalement déconnectées.
2024	MEA_ZE095	2,90	2,90	4,35	4	Zones humides dégradées	En cours de disparition par assèchement ou anormalement déconnectées.
2025		5,80	5,80		3		En cours de disparition par assèchement ou anormalement déconnectées.
2025	RLB_D489	11,59	11,59	-	5	Zones humides dégradés	En cours de disparition par assèchement ou anormalement déconnectées.
2025	ANES_A0249	21,74	21,74	-	6	Conservation moyenne	En cours d'amélioration sur les connexions de nappe ou lors de crues.

Malgré la faiblesse du lot de données, le tableau ci-dessus propose une première évaluation des sites vus sur ces deux années selon le protocole de la boîte à outils RHOME adapté pour la Manche.

## Chantiers participatifs des travaux de gestion en lien avec le projet

2 interventions de chantiers ont eu lieu dans le courant de l'été 2025, rassemblant 30 personnes.

### Bricqueville-la-Blouette : 19 juin 2025

Un groupe de 25 jeunes de Bricqueville-la-Blouette (env. 10 ans) a répondu présent pour participer à un chantier participatif sur le site de la Sauvagère à Bricqueville-La-Blouette. Une matinée a été consacrée au débroussaillage d'une partie de la prairie humide, en cours de fermeture, au retrait des branches mortes du bras mort pour ralentir l'atterrissement et au curage (jusqu'à 60 cm retirés) de 2 mares temporaires sur la partie nord et sud.

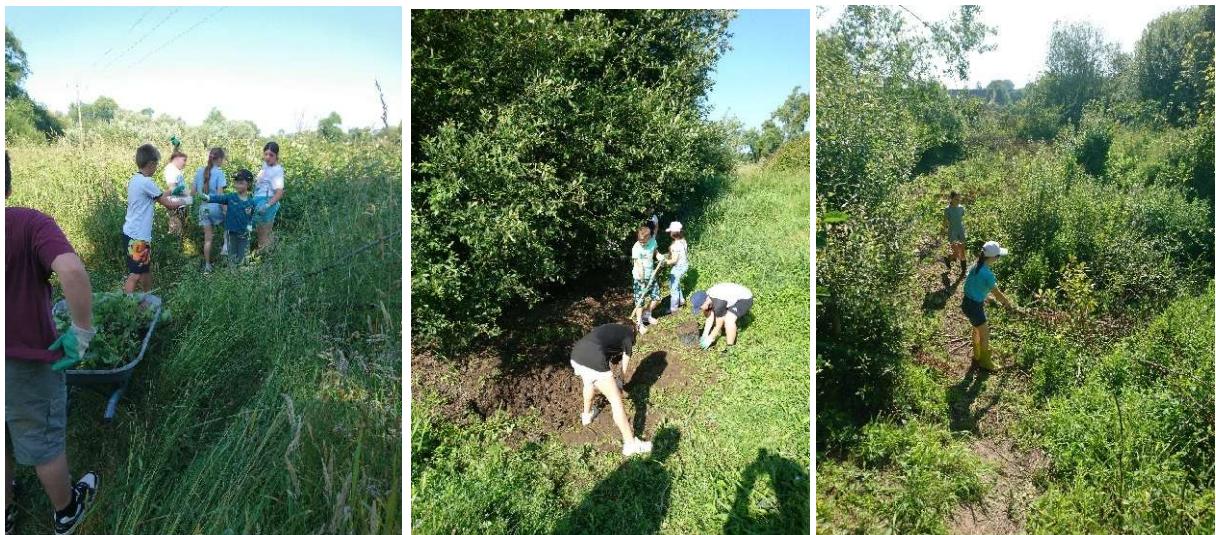


Figure 6: Débroussaillage, curage de la mare sud, enlèvement des produits de coupe dans le bras mort.

### Annoville : 18 septembre 2025

5 volontaires du Corps Européen de Solidarité ont aussi participé à l'amélioration de la mare temporaire en cours d'atterrissement. Un curage de 60 cm avec la création de 2 paliers a été réalisé manuellement pour respecter l'étanchéité naturelle du point d'eau.

Les participants à ces chantiers ont été ravis de s'engager dans des activités visant à améliorer et protéger les milieux humides, souvent méconnus, ainsi que de comprendre l'importance de leur entretien et de leur préservation. Ils ont appris comment entretenir les mares temporaires, la fréquence des

interventions nécessaires et la nécessité de préserver les services écosystémiques des zones humides.



*Figure 7: Chantier avant les travaux de décapage de la mare*



*Figure 8: Etat après travaux*

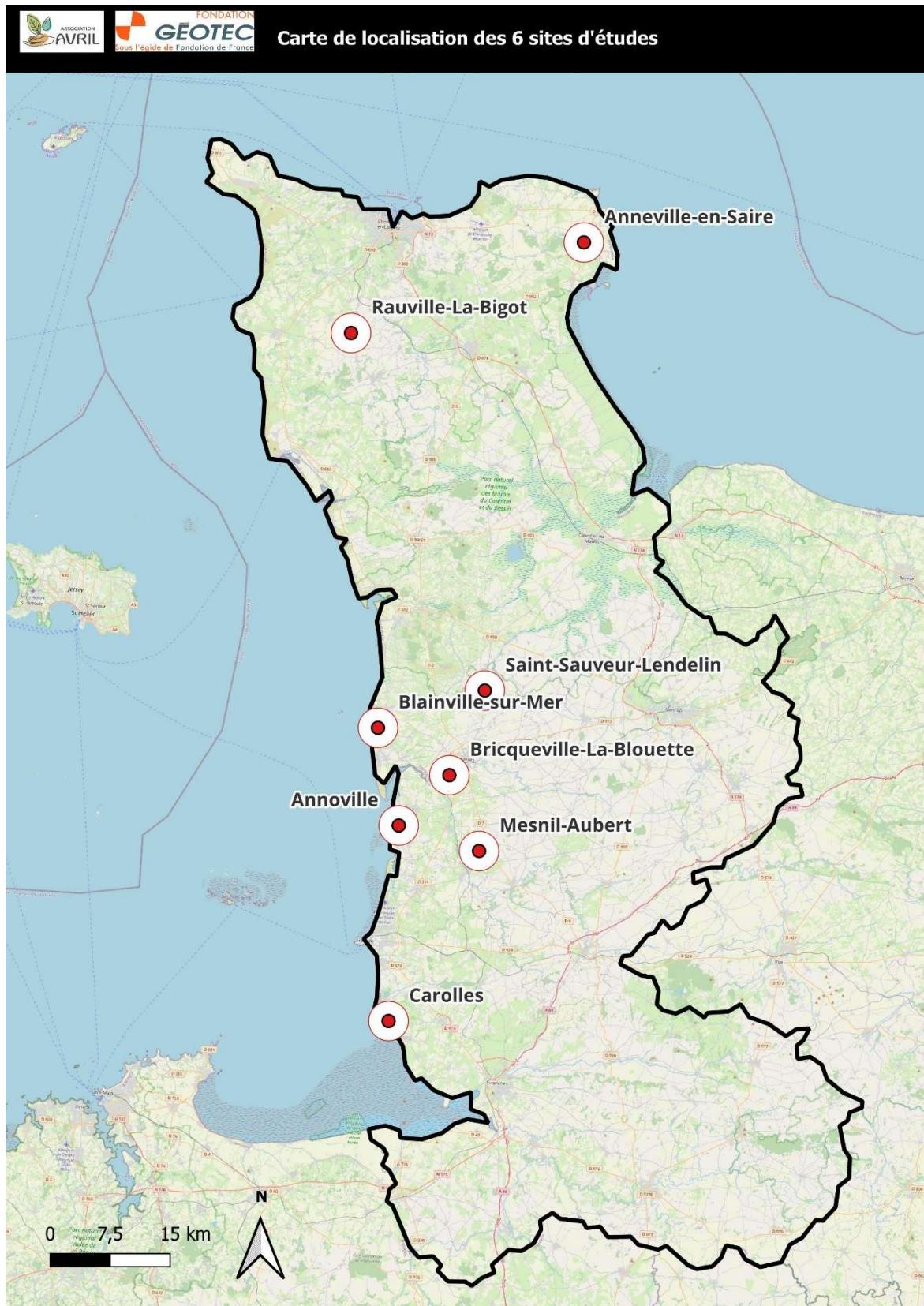
## Perspectives

Les données acquises en 2025 sur les sites constituent un état initial des stocks de carbone et des communautés d'orthoptères pour ces sites et pourront donc servir de base à un suivi de ces stocks et peuplements dans le futur. Il faudra établir la temporalité pertinente pour un tel suivi (2, 5, 10, 20 ans ?).

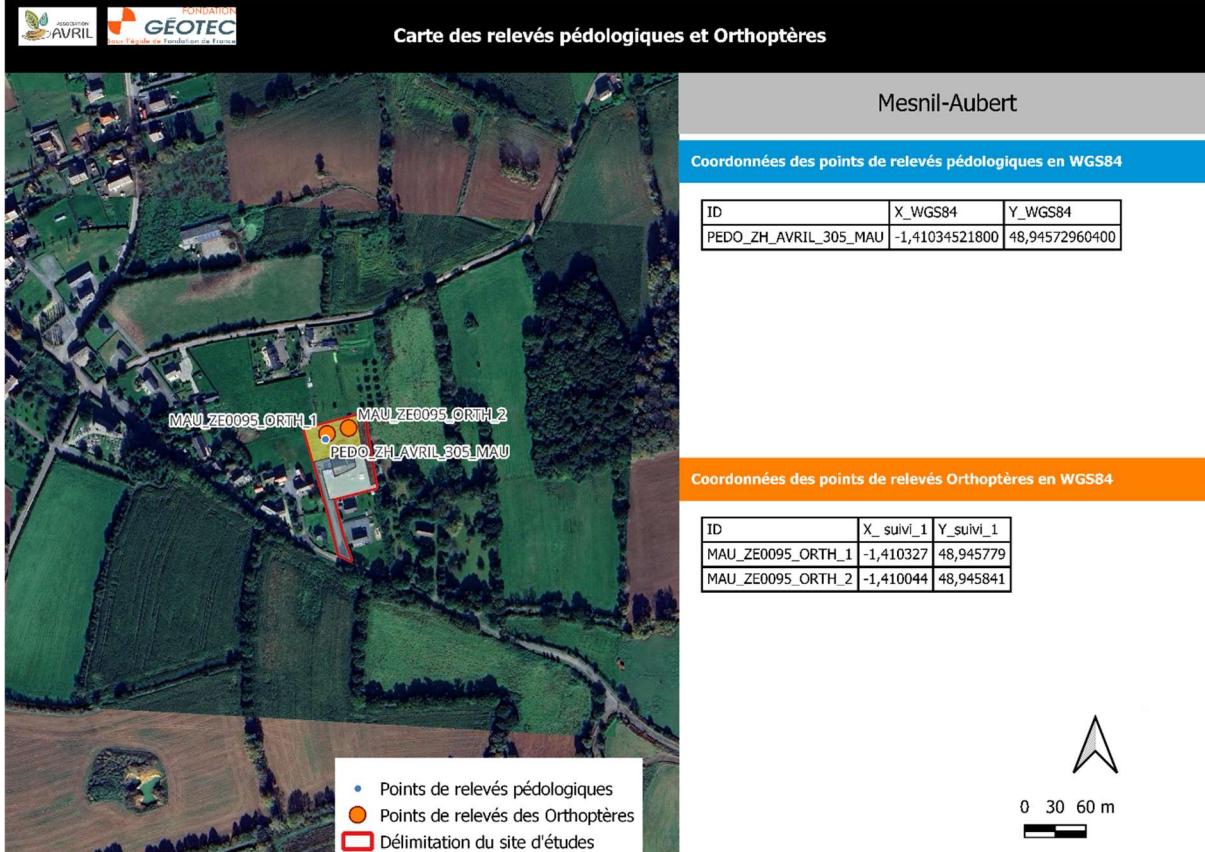
Sur le sujet d'une caractérisation des stocks par habitat/occupation du sol, il est indispensable de disposer d'un lot de données plus important, d'autres sites pourraient donc faire l'objet d'une démarche dans les années à venir pour conforter la connaissance, et plus simplement, pour documenter le stock de chaque zone humide et en appuyer la protection sous l'angle du sujet climatique.

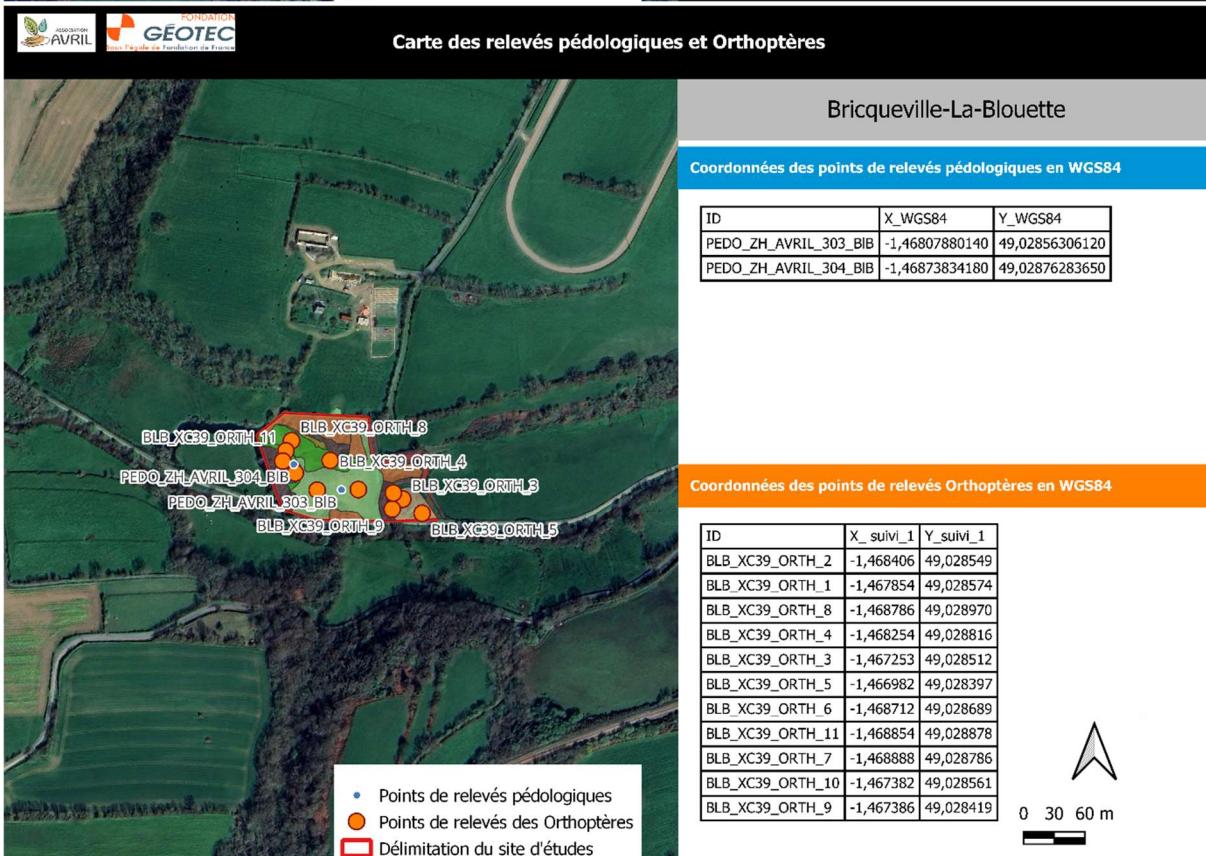
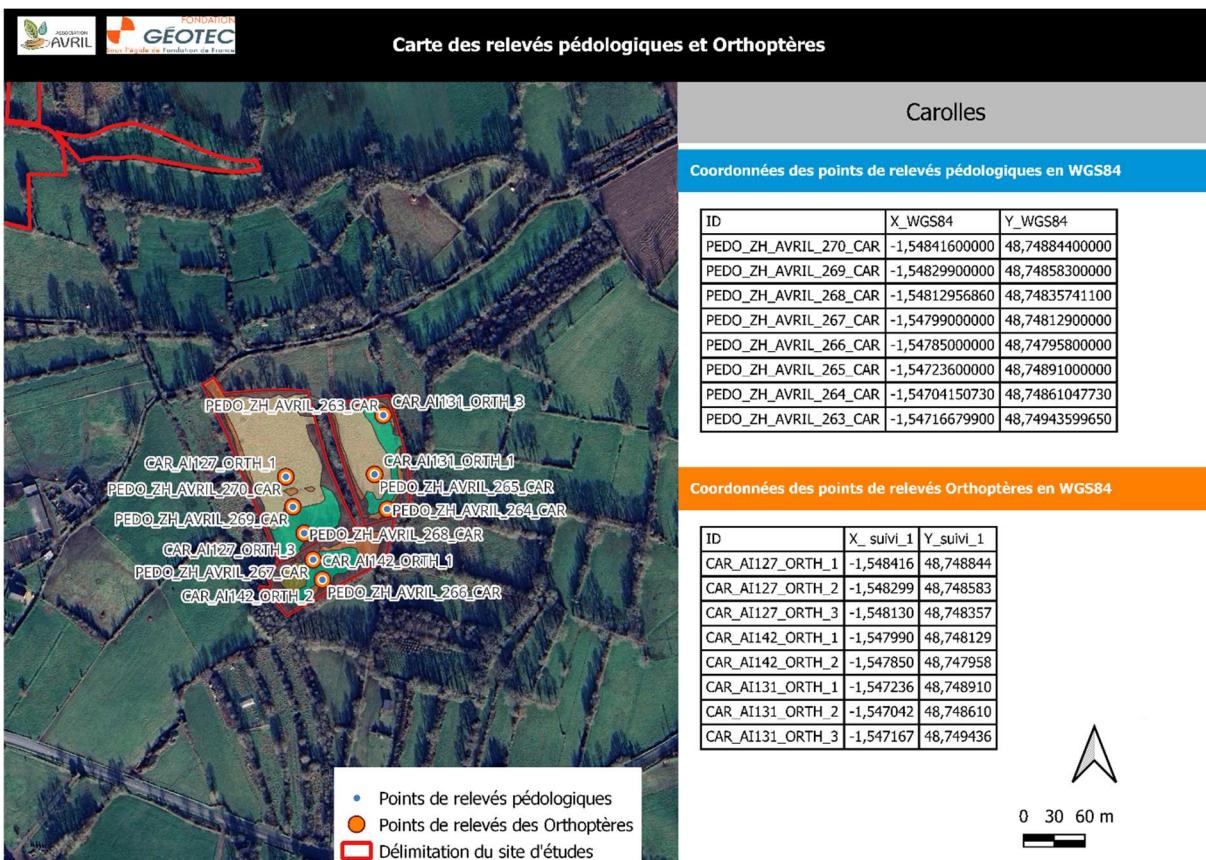
## Annexes

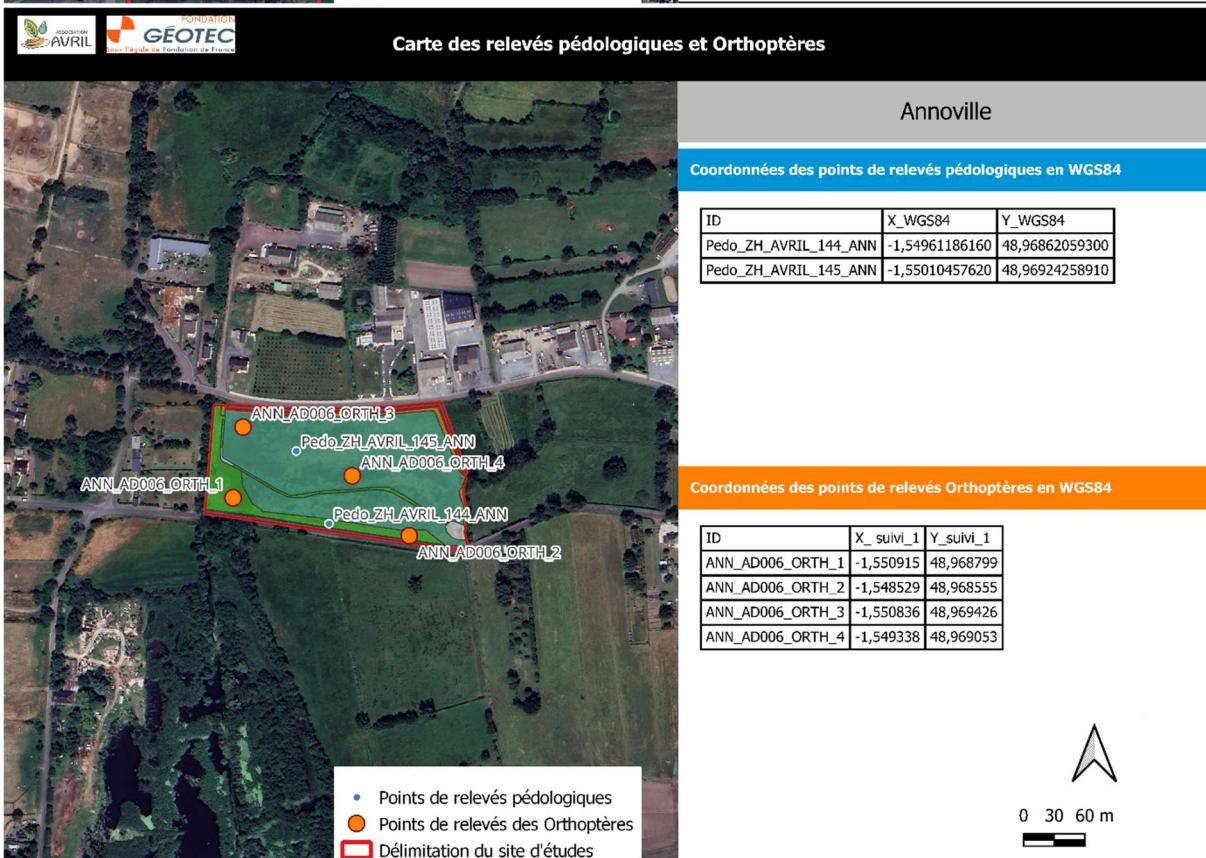
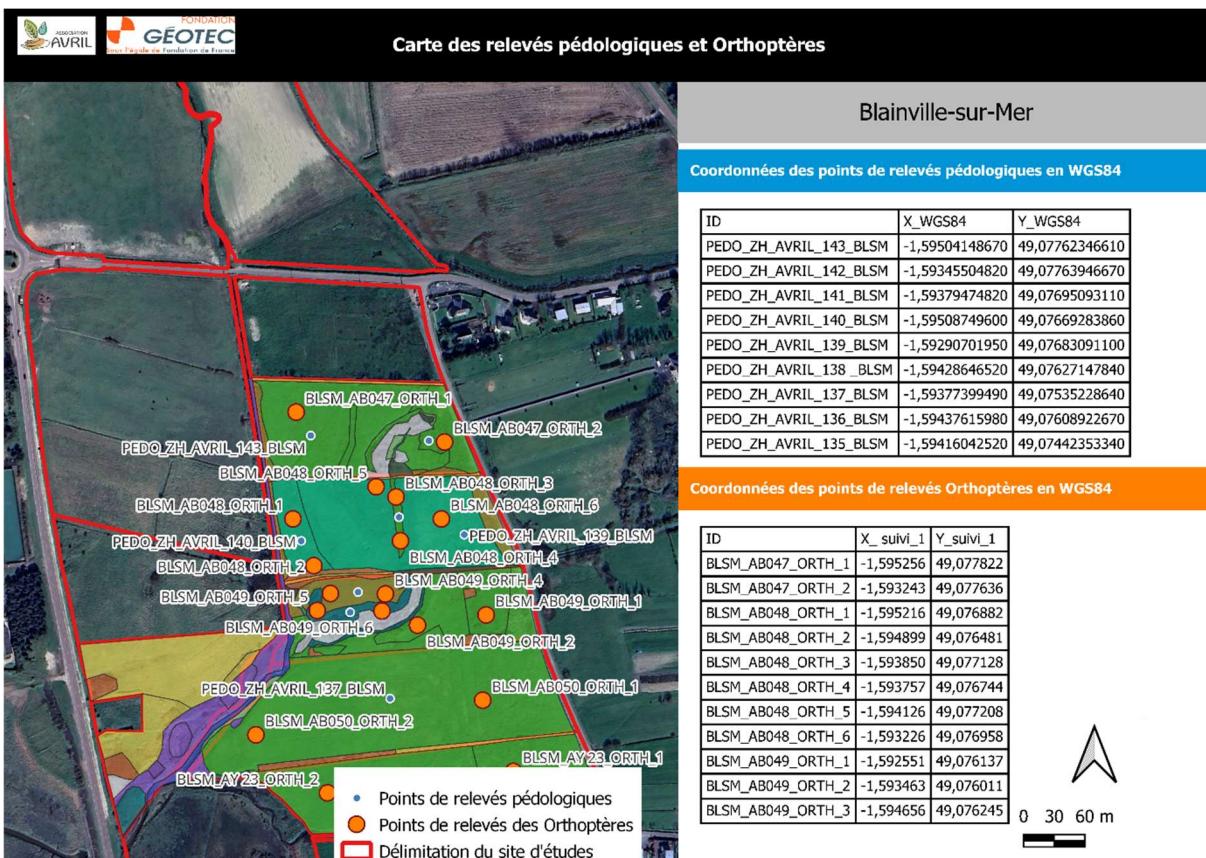
## Carte de localisation des 8 sites dans la Manche

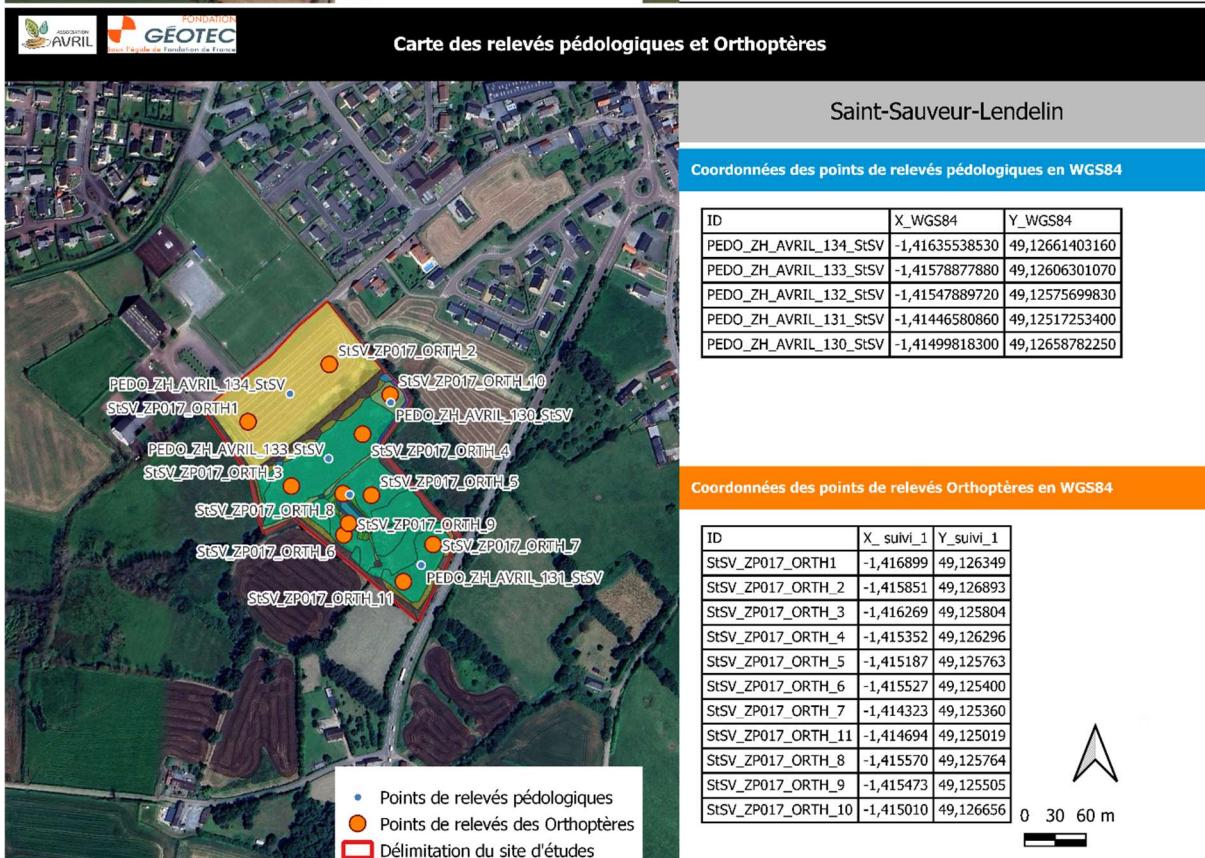
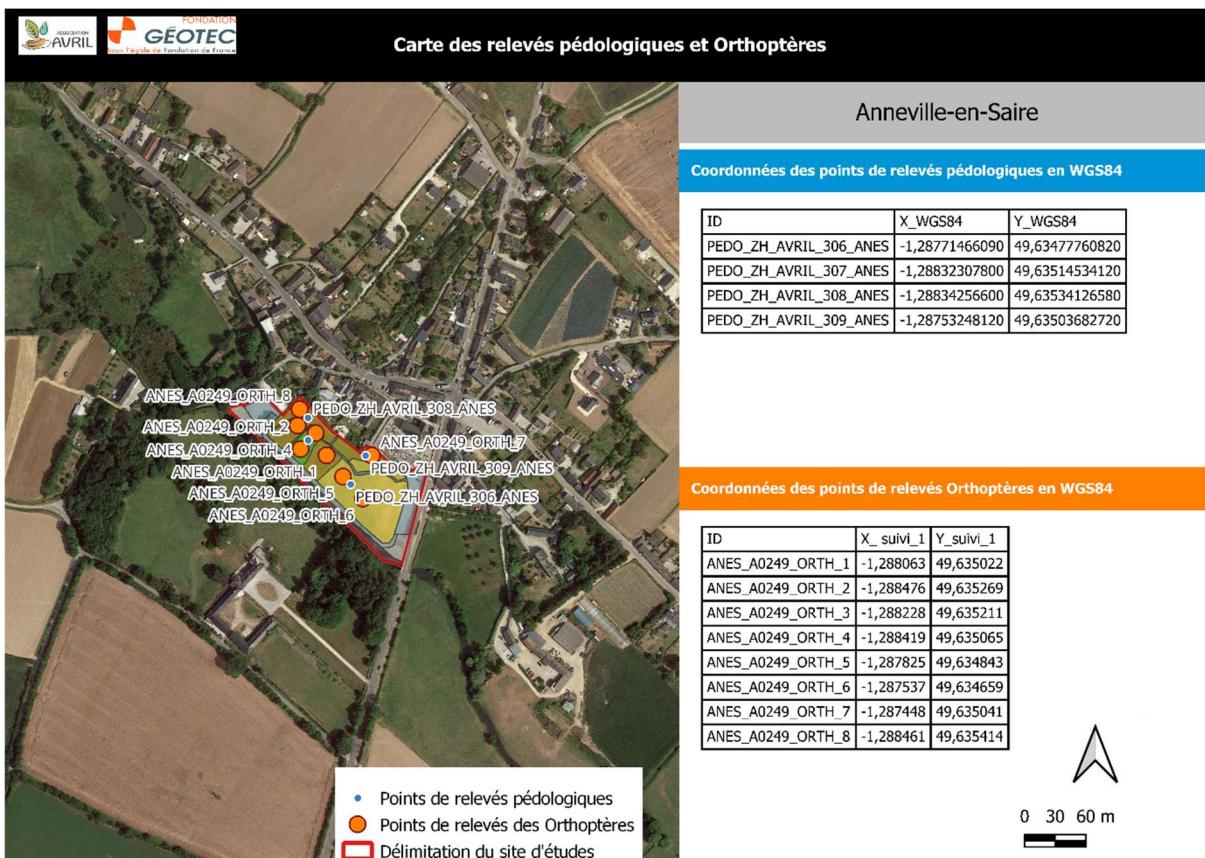


## Cartes des relevés pédologiques et Orthoptères









## Données brutes stockage de carbone

Num Point	date prélevement sol	profondeur visuelle du stockage Carbone en mètre	Volume de sol en m <sup>3</sup> considéré par m <sup>2</sup>	profondeur de centrage en cm du cylindre de prélevement	Masse volumique apparente (terre sèche) en gr. Pour 100 cm <sup>3</sup> (A remplir)	Masse volumique apparente (terre sèche) en kg/m <sup>2</sup> (Calcul automatique)	Masse volumique apparente (terre sèche) en T/ha (Calcul automatique)	Taux Matière organique du sol en % (A remplir)	Masse de matières organiques en T/ha (Calcul automatique)	Stockage C/ha en tonnes pour 58% de C sur la MO
307	28/05/2025	0,3	0,3	15	92,07	276,21	2762,1	3,08	85,07268	49,3421544
306	28/05/2025	0,2	0,2	10	100,23	200,46	2004,6	7,68	153,95328	89,2929024
309	28/05/2025	0,3	0,3	15	60,46	181,38	1813,8	9,15	165,9627	96,258366
308	28/05/2025	0,3	0,3	15	108,54	325,62	3256,2	5,34	173,88108	100,851026
145	27/05/2025	0,2	0,2	10	100,67	201,34	2013,4	5,90	118,7906	68,898548
144	27/05/2025	0,2	0,2	10	43,5	87	870	22,99	200,013	116,00754
143	15/05/2025	0,1	0,1	5	80,21	80,21	802,1	8,43	67,61703	39,2178774
136	15/05/2025	0,15	0,15	15	95,53	143,295	1432,95	5,40	77,3793	44,879994
141	15/05/2025	0,1	0,1	5	69,73	69,73	697,3	12,01	83,74573	48,5725234
138	15/05/2025	0,2	0,2	10	103,64	207,28	2072,8	4,17	86,43576	50,1327408
142	15/05/2025	0,11	0,11	5,5	89,13	98,043	980,43	8,85	86,768055	50,3254719
139	15/05/2025	0,12	0,12	6	74,61	89,532	895,32	9,84	88,099488	51,097703
135	15/05/2025	0,2	0,2	10	113,63	227,26	2272,6	4,41	100,22166	58,1285628
140	15/05/2025	0,2	0,2	10	100,13	200,26	2002,6	7,01	140,38226	81,4217108
137	15/05/2025	0,3	0,3	15	93,86	281,58	2815,8	7,22	203,30076	117,914441
303	22/05/2025	0,2	0,2	10	100,47	200,94	2009,4	4,08	81,98352	47,5504416
304	22/05/2025	0,3	0,3	15	89,1	267,3	2673	5,09	136,0557	78,912306
264	27/05/2025	0,3	0,3	15	147,52	442,56	4425,6	2,25	99,576	57,75408
269	27/05/2025	0,3	0,3	15	134,12	402,36	4023,6	2,49	100,18764	58,1088312
266	27/05/2025	0,3	0,3	15	123,58	370,74	3707,4	3,18	118,0332353	68,4592765
270	27/05/2025	0,3	0,3	15	126,73	380,19	3801,9	3,38	128,50422	74,5324476
265	27/05/2025	0,3	0,3	15	131,11	393,33	3933,3	3,64	143,1532402	83,0288793
268	27/05/2025	0,3	0,3	15	91,25	273,75	2737,5	5,92	162,06	93,9948
263	27/05/2025	0,3	0,3	15	94,38	283,14	2831,4	6,18	174,98052	101,488702
267	27/05/2025	0,3	0,3	15	72,9	218,7	2187	18	8,59	108,960714

									7,8633	
305	27/05/2025	0,3	0,3	15	134,19	402,57	4025,7	3,61	145,32777	84,2901066
272	28/05/2025	0,2	0,2	10	74,43	148,86	1488,6	6,34	94,37724	54,7387992
274	28/05/2025	0,3	0,3	15	69,97	209,91	2099,1	11,52	241,81632	140,253466
273	28/05/2025	0,4	0,4	20	61,96	247,84	2478,4	15,80	391,5872	227,120576
133	22/05/2025	0,15	0,15	7,5	49,71	74,565	745,65	11,37	84,780405	49,1726349
131	22/05/2025	0,2	0,2	10	84,35	168,7	1687	5,34	90,0858	52,249764
130	22/05/2025	0,12	0,12	6	54,23	65,076	650,76	15,55	101,19318	58,6920444
132	22/05/2025	0,2	0,2	10	78,25	156,5	1565	6,56	102,664	59,54512
134	22/05/2025	0,3	0,3	15	136,3	408,9	4089	2,62	107,1318	62,136444

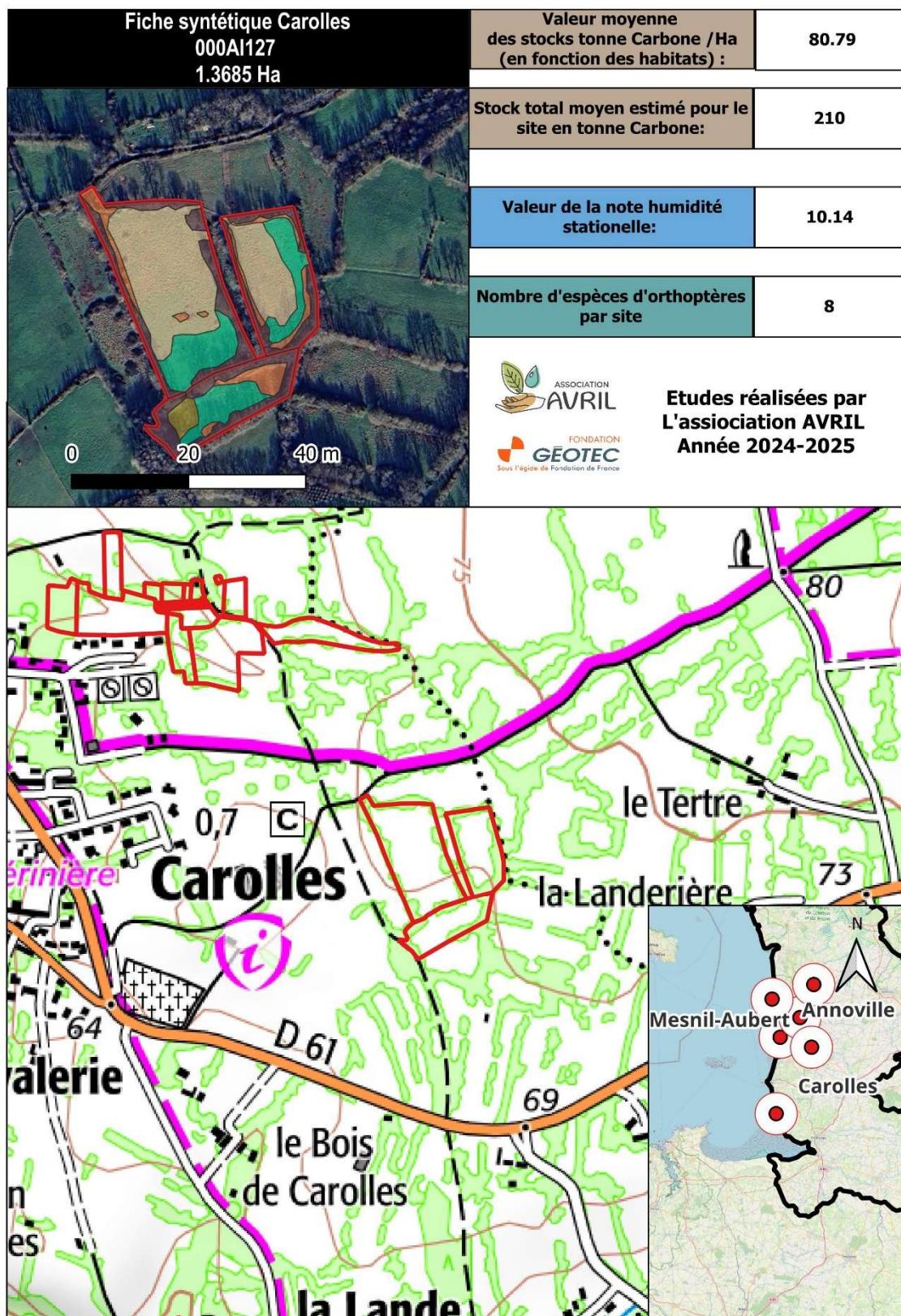
## RESULTATS DES INDICATEURS ORTHOPTÈRES ZH DES SITES TESTS EN COURS DE GESTION 2024

Dates	Structures	ID POINT DE SUIVIS	Note I %	Note I % GLOBAL	Nombre d'espèces par sites	Interprétation de la note par point	Interprétation générale du site	Causes probables
29-août-24	Asso. AVRIL ANN_AD006		38,04		8	<b>Bon état de la zone humide</b>		
29-août-24	Asso. AVRIL ANN_AD006_ORTH1		13,04	38,04		Zones humides dégradées	<b>Bon état de la zone humide</b>	Bonne humidité stationnelle sur la zone humide.
29-août-24	Asso. AVRIL ANN_AD006_ORTH2		23,91			Conservation moyenne		
29-août-24	Asso. AVRIL ANN_AD006_ORTH3		34,78			Conservation moyenne		
29-août-24	Asso. AVRIL ANN_AD006_ORTH4		25,00			Conservation moyenne		
29-août-24	Asso. AVRIL BLB_XC39		26,00		6	<b>Conservation moyenne</b>		
29-août-24	Asso. AVRIL BLB_XC39_ORTH1		0,00	26		Zones humides dégradées	<b>Conservation moyenne</b>	En cours d'amélioration sur les connexions de nappe ou lors de crues.
29-août-24	Asso. AVRIL BLB_XC39_ORTH2		1,09			Zones humides dégradées		
29-août-24	Asso. AVRIL BLB_XC39_ORTH3		11,96			Zones humides dégradées		
29-août-24	Asso. AVRIL BLB_XC39_ORTH4		0,00			Zones humides dégradées		
29-août-24	Asso. AVRIL BLB_XC39_ORTH5		1,09			Zones humides dégradées		
29-août-24	Asso. AVRIL BLB_XC39_ORTH6		2,17			Zones humides dégradées		
29-août-24	Asso. AVRIL BLB_XC39_ORTH7		1,09			Zones humides dégradées		
29-août-24	Asso. AVRIL BLB_XC39_ORTH8		3,26			Zones humides dégradées		
29-août-24	Asso. AVRIL BLB_XC39_ORTH9		1,09			Zones humides dégradées		
29-août-24	Asso. AVRIL BLB_XC39_ORTH10		0,00			Zones humides dégradées		
29-août-24	Asso. AVRIL BLB_XC39_ORTH11		13,04			Zones humides dégradées		
30-août-24	Asso. AVRIL CAR_AI127		4,35		4	<b>Zones humides dégradées</b>		
30-août-24	Asso. AVRIL CAR_AI127_ORTH1		2,17	4,35		Zones humides dégradées	<b>Zones humides dégradées</b>	En cours de disparition par asséchement ou anormalement déconnectées.
30-août-24	Asso. AVRIL CAR_AI127_ORTH2		3,26			Zones humides dégradées		
30-août-24	Asso. AVRIL CAR_AI127_ORTH3		3,26			Zones humides dégradées		
30-août-24	Asso. AVRIL CAR_AI142		3,26		3	Zones humides dégradées		
30-août-24	Asso. AVRIL CAR_AI142_ORTH1		1,09			Zones humides dégradées		
30-août-24	Asso. AVRIL CAR_AI142_ORTH2		3,26			Zones humides dégradées		
30-août-24	Asso. AVRIL CAR_AI131		4,35		4	Zones humides dégradées		
30-août-24	Asso. AVRIL CAR_AI131_ORTH1		2,17			Zones humides dégradées		
30-août-24	Asso. AVRIL CAR_AI131_ORTH2		2,17			Zones humides dégradées		
30-août-24	Asso. AVRIL CAR_AI131_ORTH3		2,17			Zones humides dégradées		
29-août-24	Asso. AVRIL MEA_ZE095		2,90	2,90	4	Zones humides dégradées	<b>Zones humides dégradées</b>	En cours de disparition par asséchement ou anormalement déconnectées.

## RESULTATS DES INDICATEURS ORTHOPTÈRES ZH DES SITES TESTS EN COURS DE GESTION 2025

Dates	Structures	ID POINT DE SUIVIS	Note I %	Note I % GLOBAL	Nombre d'espèces par sites	Interprétation de la note par point	Interprétation générale du site	Causes probables
04-juil.-25 Asso. AVRIL ANN_AD006			31,88		5	Conservation moyenne		
04-juil.-25 Asso. AVRIL ANN_AD006_ORTH1			30,43			Conservation moyenne		
04-juil.-25 Asso. AVRIL ANN_AD006_ORTH2			17,39	31,88		Conservation moyenne		
04-juil.-25 Asso. AVRIL ANN_AD006_ORTH3			31,88			Conservation moyenne		
04-juil.-25 Asso. AVRIL ANN_AD006_ORTH4			28,99			Conservation moyenne		
<b>15-juil.-25 Asso. AVRIL BLB_XC39</b>			<b>14,49</b>		7	<b>Zones humides dégradés</b>		
15-juil.-25 Asso. AVRIL BLB_XC39_ORTH1			7,25			Zones humides dégradés		
15-juil.-25 Asso. AVRIL BLB_XC39_ORTH2			2,90			Zones humides dégradés		
15-juil.-25 Asso. AVRIL BLB_XC39_ORTH3			2,90			Zones humides dégradés		
15-juil.-25 Asso. AVRIL BLB_XC39_ORTH4			4,35			Zones humides dégradés		
15-juil.-25 Asso. AVRIL BLB_XC39_ORTH5			0,00	14,49		Zones humides dégradés		
15-juil.-25 Asso. AVRIL BLB_XC39_ORTH6			4,35			Zones humides dégradés		
15-juil.-25 Asso. AVRIL BLB_XC39_ORTH7			5,80			Zones humides dégradés		
15-juil.-25 Asso. AVRIL BLB_XC39_ORTH8			5,80			Zones humides dégradés		
15-juil.-25 Asso. AVRIL BLB_XC39_ORTH9			4,35			Zones humides dégradés		
15-juil.-25 Asso. AVRIL BLB_XC39_ORTH10			0,00			Zones humides dégradés		
15-juil.-25 Asso. AVRIL BLB_XC39_ORTH11			0,00			Zones humides dégradés		
<b>05-août-25 Asso. AVRIL CAR_AI127</b>			<b>5,80</b>		8	<b>Zones humides dégradés</b>		
06-août-25 Asso. AVRIL CAR_AI127_ORTH1			1,45			Zones humides dégradés		
07-août-25 Asso. AVRIL CAR_AI127_ORTH2			5,80			Zones humides dégradés		
08-août-25 Asso. AVRIL CAR_AI127_ORTH3			2,90			Zones humides dégradés		
09-août-25 Asso. AVRIL CAR_AI142			2,90			Zones humides dégradés		
10-août-25 Asso. AVRIL CAR_AI142_ORTH1			2,90	10,14		Zones humides dégradés		
11-août-25 Asso. AVRIL CAR_AI142_ORTH2			2,90			Zones humides dégradés		
12-août-25 Asso. AVRIL CAR_AI131			11,59			Zones humides dégradés		
13-août-25 Asso. AVRIL CAR_AI131_ORTH1			5,80			Zones humides dégradés		
14-août-25 Asso. AVRIL CAR_AI131_ORTH2			5,80			Zones humides dégradés		
15-août-25 Asso. AVRIL CAR_AI131_ORTH3			0,00			Zones humides dégradés		
<b>17-juil.-25 Asso. AVRIL MEA_ZE095</b>			<b>5,80</b>		3	<b>Zones humides dégradés</b>		
17-juil.-25 Asso. AVRIL MEA_ZE095_ORTH1			2,90	5,80		Zones humides dégradés		
17-juil.-25 Asso. AVRIL MEA_ZE095_ORTH2			2,90			Zones humides dégradés		
<b>04-juil.-25 Asso. AVRIL ANES_A0249</b>			<b>21,74</b>		6	<b>Conservation moyenne</b>		
04-juil.-25 Asso. AVRIL ANES_A0249_ORTH_1			15,94			Conservation moyenne		
04-juil.-25 Asso. AVRIL ANES_A0249_ORTH_2			1,45			Zones humides dégradés		
04-juil.-25 Asso. AVRIL ANES_A0249_ORTH_3			5,80			Zones humides dégradés		
04-juil.-25 Asso. AVRIL ANES_A0249_ORTH_4			4,35	21,74		Zones humides dégradés		
04-juil.-25 Asso. AVRIL ANES_A0249_ORTH_5			1,45			Zones humides dégradés		
04-juil.-25 Asso. AVRIL ANES_A0249_ORTH_6			1,45			Zones humides dégradés		
04-juil.-25 Asso. AVRIL ANES_A0249_ORTH_7			1,45			Zones humides dégradés		
04-juil.-25 Asso. AVRIL ANES_A0249_ORTH_8			0,00			Zones humides dégradés		
<b>04-juil.-25 Asso. AVRIL RLB_D489</b>			<b>11,59</b>		5	<b>Zones humides dégradés</b>		
04-juil.-25 Asso. AVRIL RLB_D489_ORTH_1			0,00			Zones humides dégradés		
04-juil.-25 Asso. AVRIL RLB_D489_ORTH_2			0,00			Zones humides dégradés		
04-juil.-25 Asso. AVRIL RLB_D489_ORTH_3			5,80	11,59		Zones humides dégradés		
04-juil.-25 Asso. AVRIL RLB_D489_ORTH_4			2,90			Zones humides dégradés		
04-juil.-25 Asso. AVRIL RLB_D489_ORTH_5			4,35			Zones humides dégradés		
04-juil.-25 Asso. AVRIL RLB_D489_ORTH_6			1,45			Zones humides dégradés		

## Fiches synthétiques des données par sites



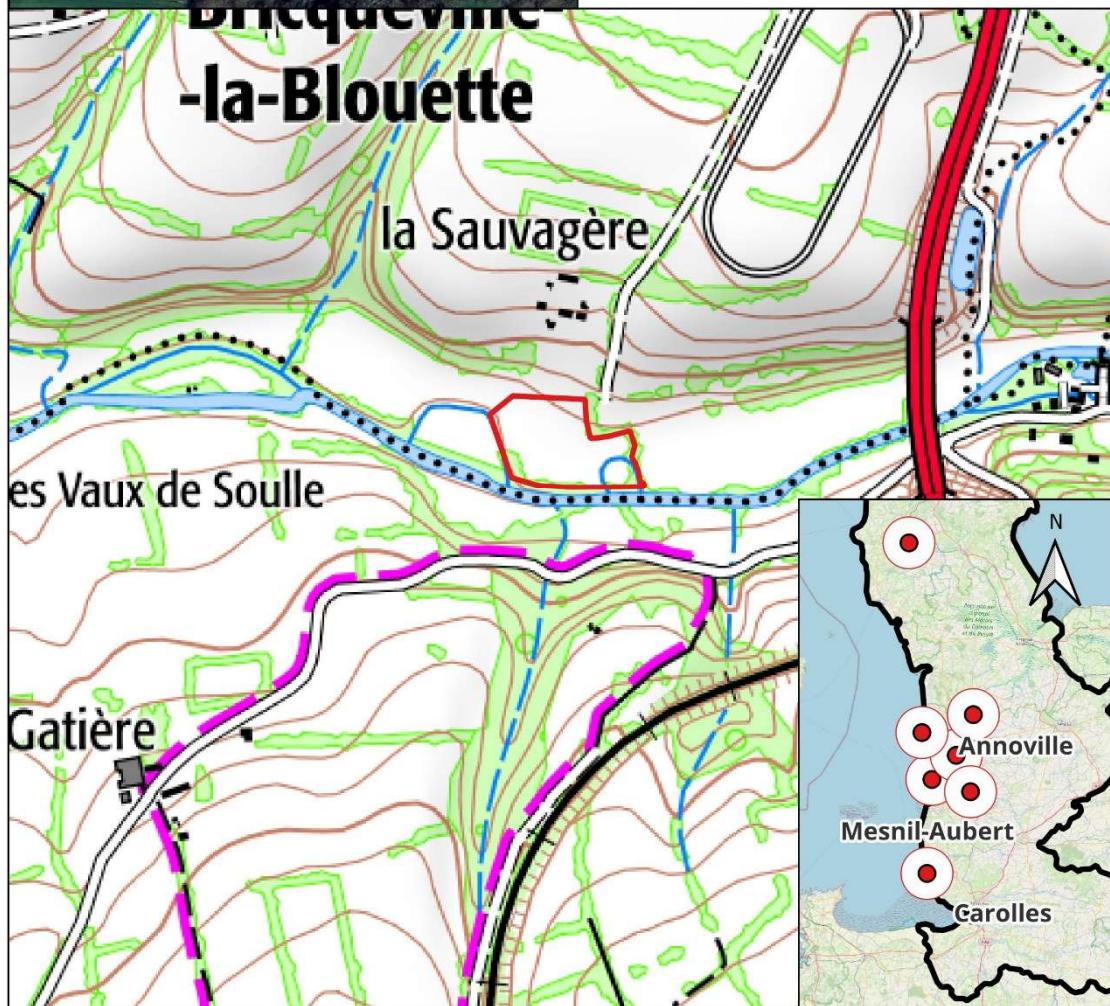
**Fiche synthétique Bricqueville-La-Blouette**  
000XC39  
1.3102 Ha

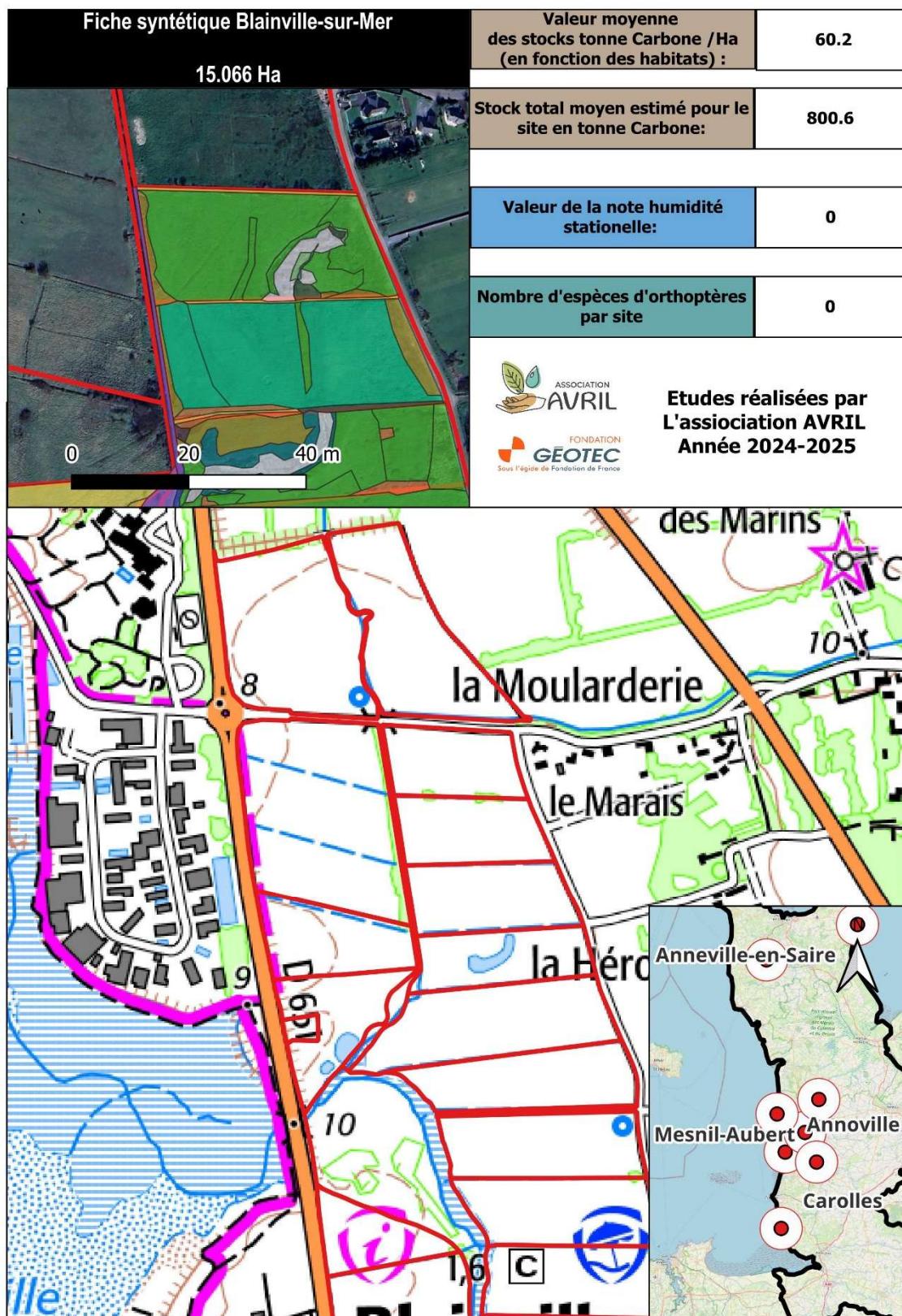


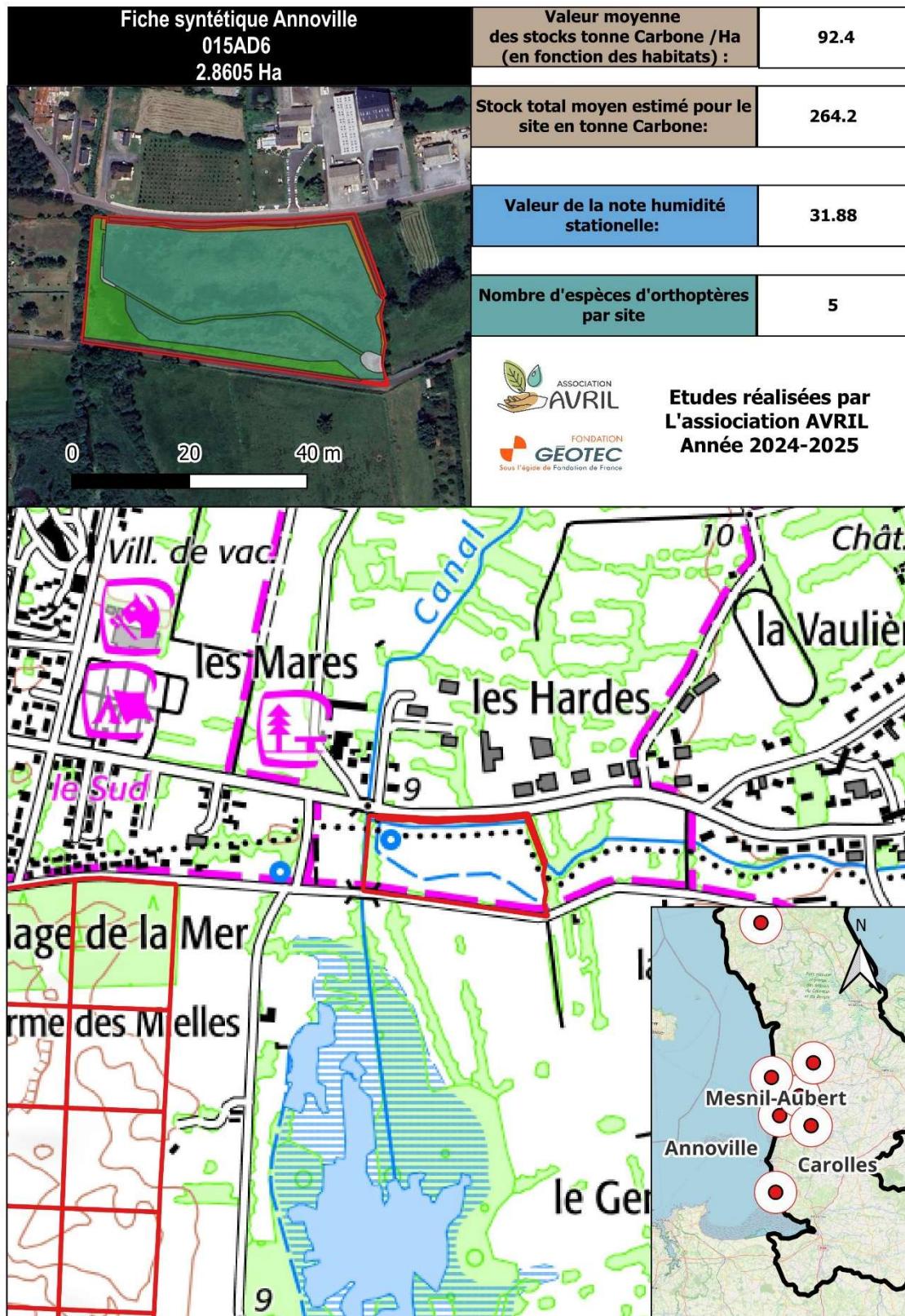
Valeur moyenne des stocks tonne Carbone /Ha (en fonction des habitats):	63.2
Stock total moyen estimé pour le site en tonne Carbone:	82.1
Valeur de la note humidité stationnelle:	14.49
Nombre d'espèces d'orthoptères par site	7

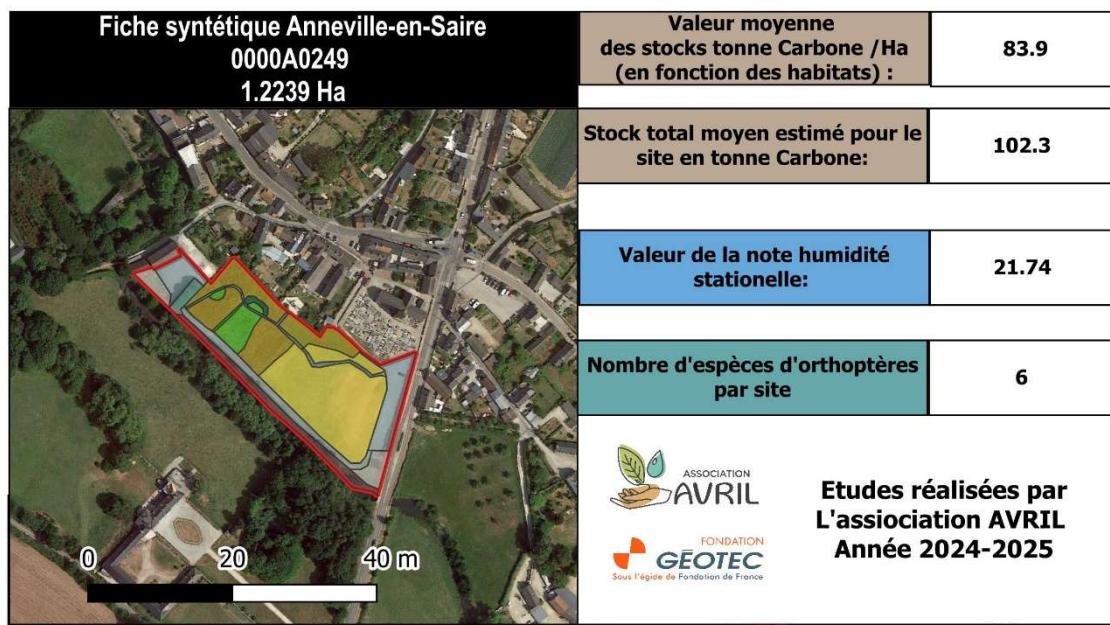
**Etudes réalisées par L'association AVRIL Année 2024-2025**

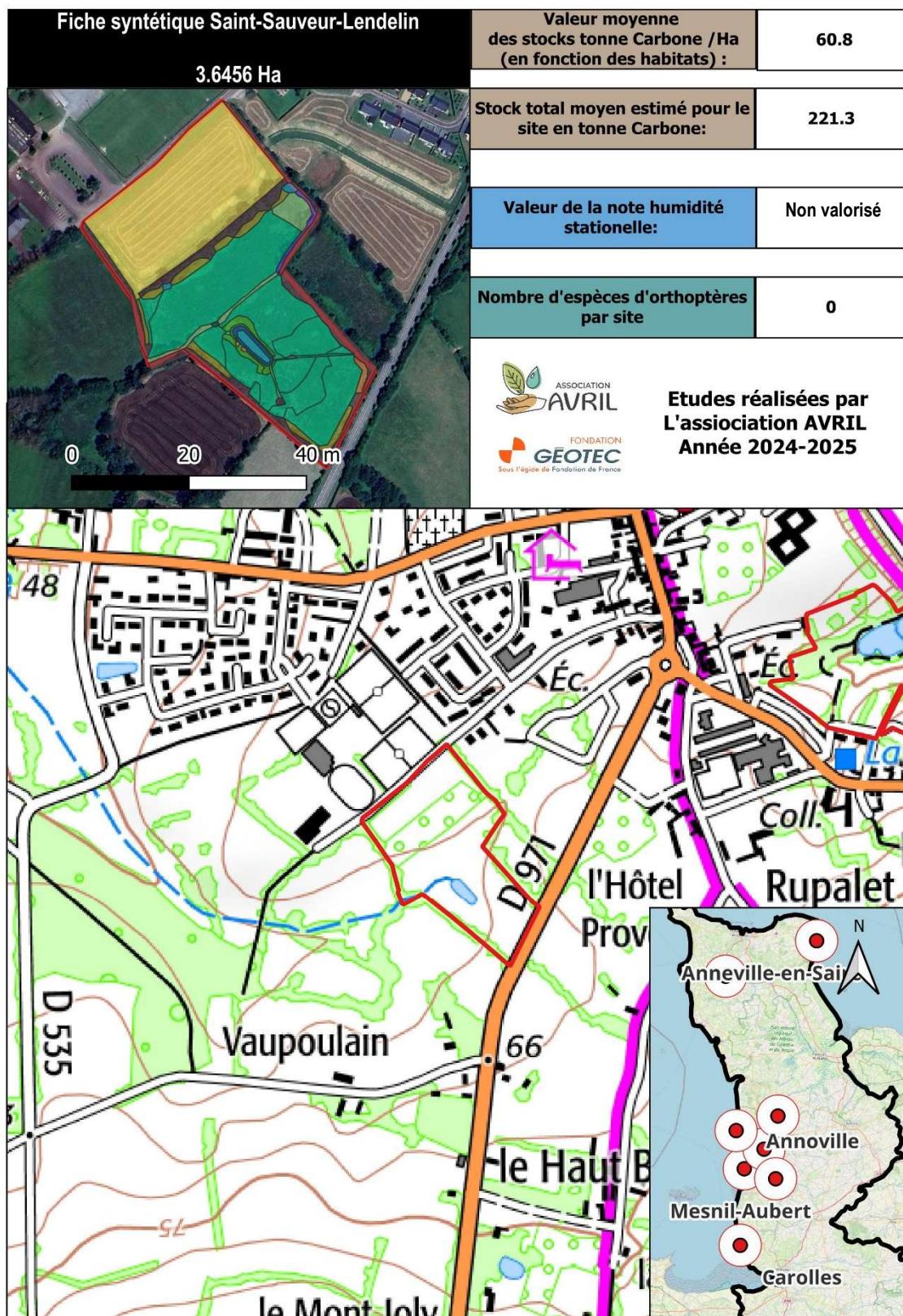
**ASSOCIATION AVRIL**  
**FOUNDATION GEOTEC**  
Sous l'égide de Fondation de France







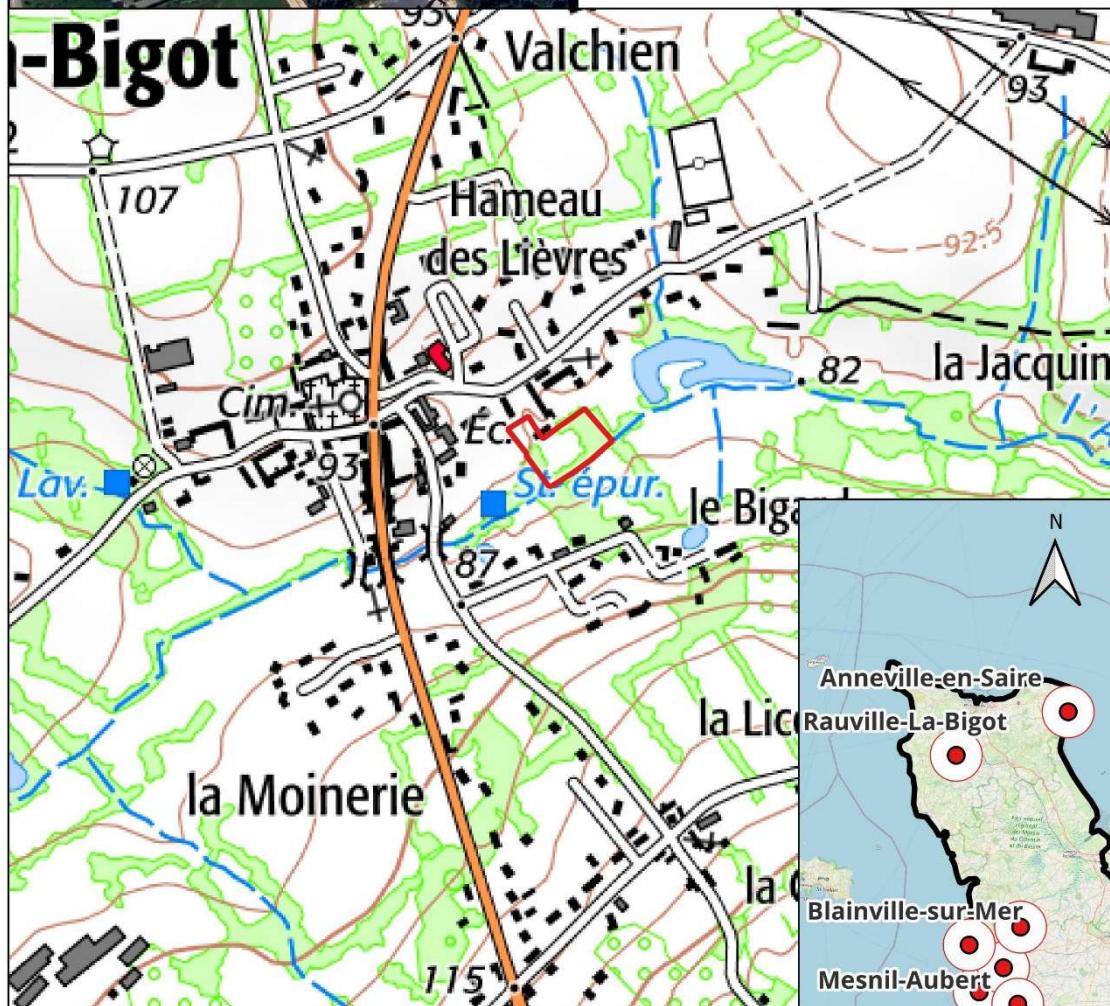


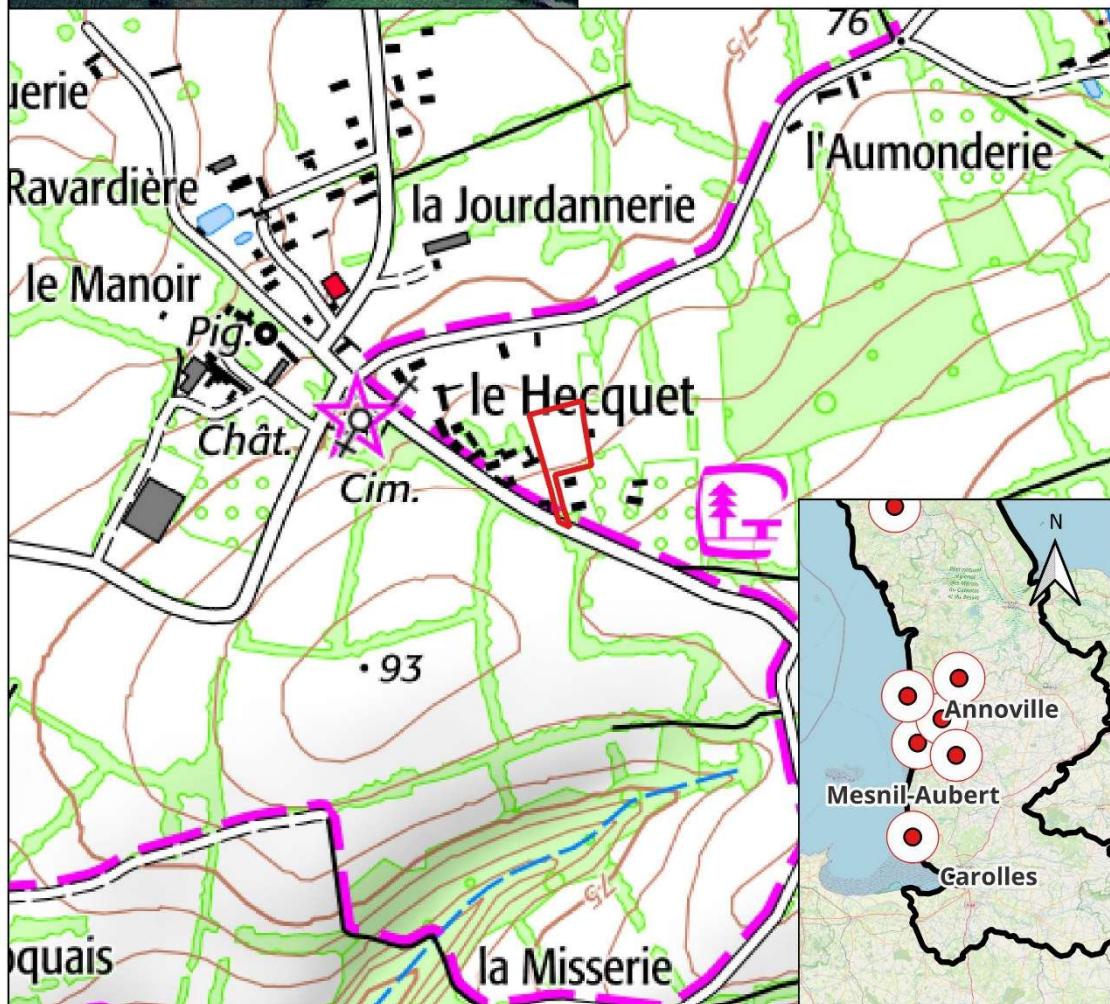
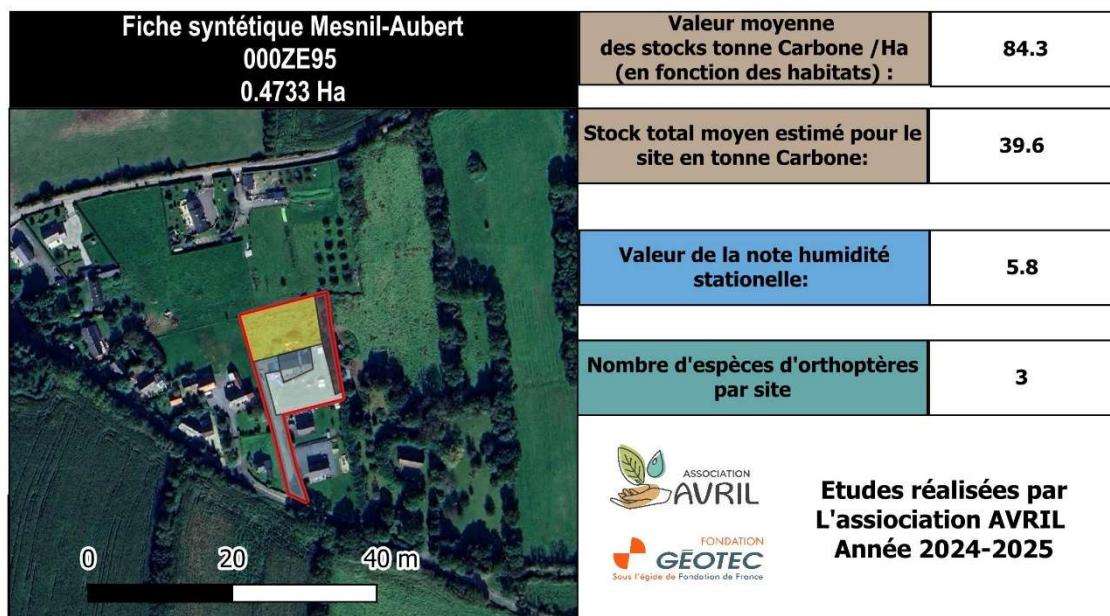


**Fiche synthétique Rauville-La-Bigot**  
000D489  
0.5192 Ha

Valeur moyenne des stocks tonne Carbone /Ha (en fonction des habitats):	140.7
Stock total moyen estimé pour le site en tonne Carbone:	73.1
Valeur de la note humidité stationnelle:	11.59
Nombre d'espèces d'orthoptères par site	5

  
Etudes réalisées par  
L'association AVRIL  
Année 2024-2025



## Bibliographie

Site internet :

Géoportail couche pédologique : <https://www.geoportail.gouv.fr/carte>  
Couche des zones humides probables : <https://sig.reseau-zones-humides.org/>

<https://www.cirad.fr/les-actualites-du-cirad/actualites/2023/pieger-le-carbone-dans-le-sol-par-l-agriculture>  
<https://www.gissol.fr/thematiques/matieres-organiques-des-sols-42>  
<https://bg.copernicus.org/articles/8/1053/2011/bg-8-1053-2011.html>  
<https://www.inrae.fr/approchez-vous/stockage-carbone-sol>  
<https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/media/313/download?inline>  
<https://www.carbone4.com/publication-changement-usage-des-sols>  
<https://www.zoom-nature.fr/orthopteres-et-paturage-1/>  
<https://www.ascete.org>  
<https://www.tela-orthoptera.org>

**Doré F., Heugas T., Poujol J. et Texier A.** (2020). Étude et suivi des Orthoptères des milieux herbacés humides du Marais poitevin. Deux-Sèvres Nature Environnement, LPO Vendée et Nature Environnement 17. Parc naturel régional du Marais poitevin, Coulon, 59 p.

**BISSARDON M, GUIBAL L**, 1997. – Corine biotopes, version originale, types d'habitats français. *Ecole Nationale du Génie Rural des eaux et des forêts, Muséum National d'Histoire Naturelle*. 217 p.

**BRGM (BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES)** 1968. – Carte géologique au 1/50000, n°12(XXIII-4), Saint-Omer - Notice. 19 p.

**EUROPEAN COMMISSION, 2007.** – Interpretation manual of European union habitats – EUR 27. *European commission DG environment – Nature and biodiversity*, 142p.

### **FRB-Rapport-Carbone-prairies-aeroportuaires-2019.**

**LAVILLE L.**, 2019 - *Identification des végétations de zones humides par bassin versant, la Sée, la Sienne et les bassins côtiers de la Manche. Tome 5 : Fiches descriptives des groupements végétaux de zones humides*. Agence de l'eau Seine Normandie / Région Normandie. Villers-Bocage : Conservatoire Botanique National de Brest, 295 p.

**SARDET E., DEFAULT B.**, 2004. – Les orthoptères menacés de France – liste rouge nationale et listes rouges par domaine biogéographiques, matériaux Orthoptériques et Entomocénétique, 9, 125-137 p.

**STALLEGER P. (coord), 2019.** – Sauterelles, grillons, criquets, perce-oreilles, mantes et phasmes de Normandie, Statuts et répartition, *Invertébrés Armoricains les cahiers du GRETIA*. Numéro 19. 228p

**CONSERVATOIRE DES ESPACES NATURELS & GRETIA**, 2021 – état du peuplement des criquets et sauterelles en Normandie-ANBDD. 19p.

**RhoMeo-** Extrait de la boîte à outils de suivi des zones humides- Humidité du milieu orthoptères I09, février 2014), 253p.

[https://rhomeobao.fr/sites/all/themes/corporateclean/pdf/ZH\\_Boite-outils-complete.pdf](https://rhomeobao.fr/sites/all/themes/corporateclean/pdf/ZH_Boite-outils-complete.pdf)

**IUCN France, CEN Normandie & GRETIA**, 2022. – La Liste rouge des Orthoptères, Mantes et Phasmes de Normandie, 15p.